

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

VLIV SKLONU A ORIENTACE NA VYUŽITÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TUV V RODINNÉM DOMĚ

SLOPE AND ORIENTATION INFLUENCE TO UTILIZATION OF SOLAR COLLECTORS
FOR HEATING AND DOMESTIC HOT WATER PREPARING IN A FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ONDREJ SKLENÁR

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL JAROŠ, Dr.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ondrej Sklenár

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vliv sklonu a orientace na využití solárních kolektorů pro vytápění a ohřev TUV v rodinném domě

v anglickém jazyce:

Slope and orientation influence to utilization of solar collectors for heating and domestic hot water preparing in a family house

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

U nově stavěných rodinných domů se projevuje snaha o maximální využití obnovitelných zdrojů energie, v první řadě solárních kolektorů. Ještě v projektové fázi je však vhodné provést základní ekonomickou rozvahu, která by ověřila výhodnost jejich instalace.

Cíle bakalářské práce:

Pro zadaný rodinný dům navrhnete vhodný typ a velikost solárních kolektorů, sloužících pro vytápění a ohřev TUV. Posudíte vliv jejich sklonu a zeměpisné orientace na tepelný výkon a získané množství tepla v dané lokalitě a navrhnete optimální variantu. Posudíte ekonomickou návratnost investice pro různé varianty sklonu a orientace kolektorů (s ohledem na možnost jejich umístění), popř. srovnáte s jinými způsoby přípravy tepla.

Seznam odborné literatury:

- Cihelka, J.: Solární tepelná technika, Nakl. T. Malina, Praha, 1994.
Murtinger, K., Truxa, J.: Solární energie pro váš dům. ERA group spol. s r.o., Brno, 2005.
Themessl, A., Weiss, W.: Solární systémy. Grada Publ., Praha, 2005.
Ladener, H., Spate, F.: Solární zařízení. Grada Publ., Praha, 2003.
Schulz, H.: Teplo ze slunce a země. Nakl. HEL, Ostrava, 2002.
Internetové a časopisecké zdroje dle vlastního výběru studenta.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michal Jaroš, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 20.11.2008

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Vplyv sklonu a orientácie na využitie solárnych kolektorov pre vykurovanie a ohrev TÚV v rodinnom dome.

V tejto bakalárskej práci sa zaoberám problematikou a návrhom solárneho systému pre výrobu teplej úžitkovej vody. Pre ohrev je navrhnutý bivalentný systém, ktorý je doplnený elektrickou vykurovacou vložkou. Praktická časť je zameraná na porovnanie ekonomickej návratnosti pre rôzne varianty sklonu a orientácie solárnych kolektorov.

ABSTRACT

Slope and orientation influence to utilization of solar collectors for heating and domestic hot water preparing in a family house.

In this bachelor's work I engage in problems and concept of solar system for preparing warm supply water. For heating-up has been used a bivalent system complemented by electric heating inlet. The project has been intent on compare of investment recovery for different variants of slope and influence of solar collectors.

Kľúčové slová:

Slnečné žiarenie, slnečné kolektory, solárny zásobník, obehové čerpadlo, teplotonosná kvapalina, sklon, orientácia, ekonomická návratnosť.

Key words:

Solar radiance, solar collectors, solar supply bin, circulating pump, heat supporting liquid, slope, orientation, investment recovery.

Bibliografická citácia

SKLENÁR, O. *Vliv sklonu a orientace na využití solárních kolektorů pro vytápění a ohřev TUV v rodinném domě*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. XY s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Michal Jaroš, Dr.

Pod'akovanie

Za podporu a obetavú pomoc, cenné pripomienky a rady pri spracovaní bakalárskej práce týmto ďakujem vedúcemu bakalárskej práce pánu Ing. Michal Jaroš, Dr.

Čestné prehlásenie:

Prehlasujem, že predložená bakalárska práca je pôvodná a spracoval som ju samostatne. Prehlasujem, že citácie použitých prameňov sú úplne, že som v práci neporušil autorské práva (v zmysle zákona č. 121/2000 Sb. o autorskom práve a o právach súvisiacich s právom autorským).

V Brne dňa 26. 5. 2009 podpis

OBSAH

1. Úvod.....	9
2. Slnko.....	10
2.1. Zloženie Slnka.....	10
2.2. Stavba Slnka.....	11
3. Slnčné žiarenie.....	12
4. Slnčná energia a jej využívanie.....	16
4.1. Biologické využívanie slnečnej energie.....	16
4.2. Pasívne využívanie slnečnej energie.....	17
4.3. Aktívne využívanie slnečnej energie.....	18
5. Solárne kolektory.....	20
5.1. Typy kolektorových okruhov.....	20
5.2. Typy solárnych kolektorov.....	22
5.2.1. Plastové absorbéry na ohrev bazénovej vody.....	22
5.2.2. Ploché (doskové) kolektory.....	23
5.2.3. Vákuové kolektory.....	25
5.2.4. Koncentrujúce kolektory.....	27
5.3. Účinnosť solárnych kolektorov.....	28
6. Vplyv sklonu a orientácie na využívanie solárnych kolektorov.....	29
7. Návrh solárneho kolektoru pre rodinný dom.....	30
7.1. Popis solárneho systému.....	30
7.2. Technické údaje zariadenia.....	34
7.3. Spotreba teplej vody.....	35
7.4. Zriaďovacie náklady.....	36
7.5. Výpočet tepla potrebného na ohrev vody.....	36
7.6. Porovnanie rôznych variant umiestnenia solárnych kolektorov.....	37
7.7. Ekonomická návratnosť systému.....	41
8. Záver.....	42
9. Zoznam použitých zdrojov.....	43

10. Zoznam použitých skratiek a symbolov.....	44
11. Zoznam príloh.....	45

1 Úvod

V dnešnej dobe sa ľudia čím ďalej tým viac zaujímajú o šetrenie energii. Na výrobu energie sa síce stále najviac používajú fosilné palivá, ale vieme, že tieto zdroje sú vyčerpatel'né a zároveň ich spaľovanie škodí životnému prostrediu. Neustále rastúca cena uhľohydrátových palív spôsobuje rastúci záujem o obnoviteľné zdroje energie. V tejto práci sa zoznámime s využívaním slnečnej energie a s rôznymi druhmi solárnych systémov. Ďalej je v nej navrhnutý optimálny systém slnečných kolektorov na výrobu TUV pre rodinný dom v obci Sered' v blízkosti Bratislavy. V predkladanej práci sa zaoberám otázkou sklonu a orientácie slnečných panelov. V práci sú zohľadnené klimatické podmienky danej oblasti vplývajúce na využitie energie zo Slnka. Záverečná časť obsahuje porovnanie výroby tepla pomocou slnečných kolektorov s výrobou tepla pomocou elektrickej energie a posúdenie ekonomickej návratnosti systému pre rôzne varianty sklonu a orientácie slnečných kolektorov. Táto práca je spracovaná s pomocou návrhu firmy Viessmann zaoberajúcej sa danou problematikou a internetového kalkulátora pre slnečné žiarenie v danej lokalite.

2 Slnko

Slnko je naša najbližšia hviezda, ktorá sa nachádza vo vzdialenosti v rozpätí od 147 097 000 km (perihélium) do 152 099 000 km (afélium). Táto zmena však nemá za príčinu veľké kolísanie teploty a nie je ani príčinou striedania ročných období. Približne 8 minút a 20 sekúnd trvá svetlu, kým priletí zo Slnka na Zem. Slnko má skoro ideálny tvar gule (rovníkový a polárny priemer sa líši len o 10 km) o priemere 109-krát väčšom a objeme 1 300 000-násobne väčšom ako Zem. Je to žltá hviezda, ktorá patrí do spektrálnej triedy G2, to znamená, že je trochu hmotnejšia a teplejšia ako priemerná hviezda z našej galaxie. Dĺžka života hviezdy tohto typu je približne 10 miliárd rokov. Vzhľadom na to, že Slnko vzniklo asi pred 4,5 miliardami rokov, odhaduje sa jeho stabilná existencia na ďalších 5 miliárd rokov. Aj z tohto hľadiska sa teda slnečná energia javí ako nevyčerpatelná.

2.1 Zloženie Slnka

Z dôvodov zlyhania sondy Genesis z roku 2004 nepoznáme presné zloženie Slnka, avšak množstvo informácií o jeho zložení nám poskytuje slnečné spektrum. Z hľadiska počtu atómov sa udáva, že 92,1 % Slnka tvorí vodík a 7,8 % hélium. Z hmotnostného hľadiska tvorí Slnko vodík a hélium v pomere 3:1. Od začiatku existencie prebieha v jadre Slnka pod vplyvom obrovskej teploty a tlaku termonukleárna reakcia, pri ktorej sa ľahký vodík H_1^1 (prócium) premieňa na hélium He_2^4 .

2.2 Stavba Slnka

Slnko sa skladá z jadra, ktoré siaha asi do vzdialenosti 175 000 km od stredu. Má teplotu 14 000 000 K a tlak v strede dosahuje 15×10^9 MPa, pričom hmotnosť jadra tvorí polovicu celkovej slnečnej hmotnosti.

Ďalšia oblasť je radiačná zóna, ktorá má teplotu od 2 000 000 K až 7 000 000 K a je to priestor medzi jadrom Slnka a styčnou vrstvou tvorenou slnečnou plazmou o hustote 20 g/cm^3 v spodných vrstvách a asi $0,2 \text{ g/cm}^3$ na hornej hranici. Všetka energia tvoriaca sa v jadre sa cez túto oblasť prenáša žiarením.

Tachoklina je medzivrstva, v ktorej sa generuje magnetické pole Slnka. Dochádza tu k zmene rýchlosti prúdov plazmy a k zmene rotačnej rýchlosti.

Konvektívna zóna je najvrchnejšia časť vnútra Slnka a začína asi 200 km pod viditeľným slnečným povrchom. Tak ďaleko od jadra je už prenos tepla žiarením málo účinný, pretože niektoré ióny o nízkej teplote sú schopné fotóny pohltiť a neemitovať ich ďalej. Zahriata hmota spôsobuje v slnečnej plazme turbulenciu. Ďalší prenos energie sa preto uskutočňuje prúdením - konvekciou. Táto časť Slnka má teplotu 2 000 000 až 6 000 K.

Fotosféra je viditeľný povrch Slnka, na ktorom môžeme pozorovať slnečné škvrny a má hustotu 10^{23} častíc/ m^3 a teplotu okolo 5 700 K. Je to teda najchladnejšia časť Slnka o hrúbke asi 200 až 300 km.

Chromosféra je spodná časť slnečnej atmosféry, vrstva hrubá asi 15 000 km, tvorená silne ionizovaným plynom – plazmou. Má hustotu plynu 10^{-15} g/cm^3 , pričom jej teplota so stúpajúcou výškou vzrastá a jej priemer je 300 000 K.

Prechodová oblasť oddeľuje chromosféru od ďalšej vrstvy, ktorou je koróna, najvrchnejšia a najteplejšia vrstva slnečnej atmosféry, ktorá je hrubá 15 000 km až 1 alebo 2 milióny km. Koróna je extrémne riedka, jej hustota dosahuje len 10^{11} častíc/ m^3 a jej rozpínaním do okolitého priestoru vzniká slnečný vietor.

3 Slnečné žiarenie

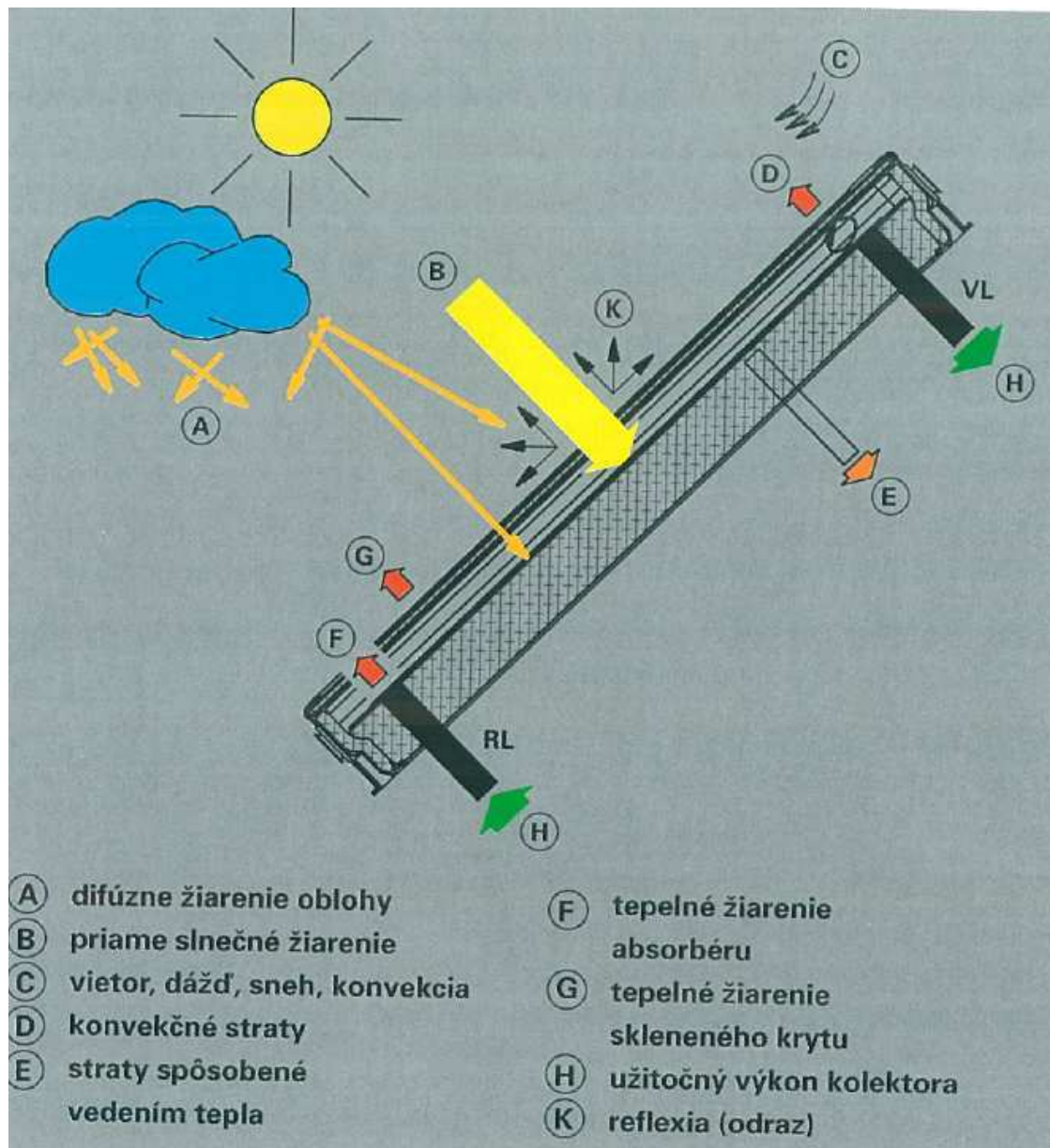
Slnko vyžaruje v ňom sa uvoľňujúcu energiu do okolia v spektre slnečného žiarenia. To možno podľa vlnových dĺžok rozdeliť na:

- ultrafialové žiarenie (vlnová dĺžka pod 400 nm)
- viditeľné žiarenie (vlnová dĺžka 400 až 750 nm)
- žiarenie infračervené (vlnová dĺžka nad 750 nm)

Viditeľné žiarenie tvorí asi 45 % dopadajúceho žiarenia, pričom jeho podiel je vyšší pri zamračenej oblohe (vtedy dosahuje až 60 %).

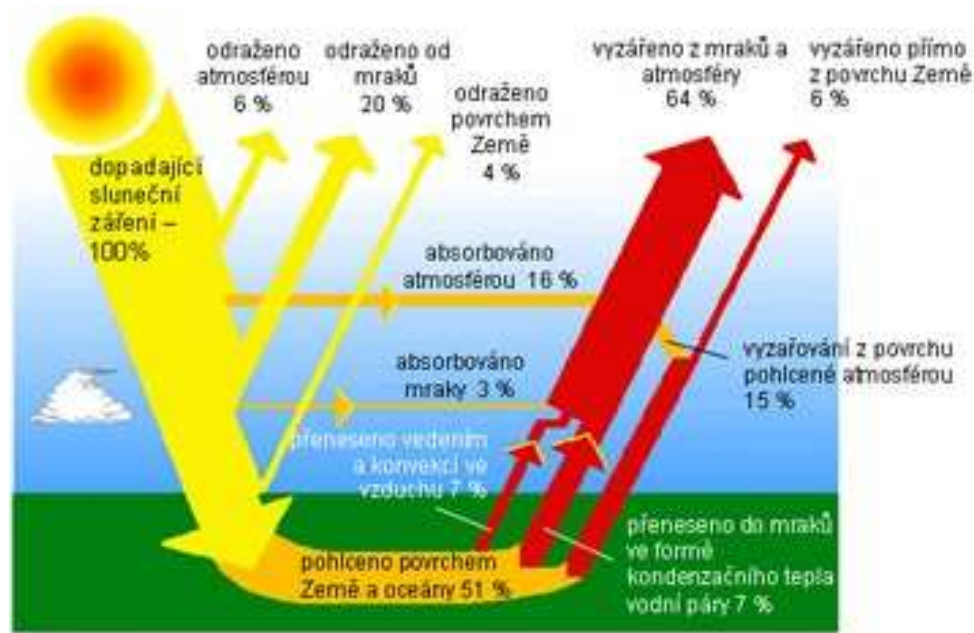
Príkon žiarenia dopadajúceho na povrch zemskej atmosféry činí $1373 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Toto množstvo sa nazýva solárna konštanta. Tá však v skutočnosti nie je konštantná. Dôvodom je eliptický tvar obežnej dráhy Zeme okolo Slnka. Kolísanie veľkosti solárnej konštanty činí zhruba 3 % (asi $40 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$). Časť žiarenia je pohltená atmosférou. Toto pohltenie sa však týka len niektorých vlnových dĺžok, a to prakticky celej najkratšej časti ultrafialového žiarenia (do vlnovej dĺžky 290 nm je pohltenie úplne, od 290 do 320 nm len z časti) – pohlcuje ho ozónová vrstva a vybraných vlnových dĺžok infračerveného žiarenia (pohltenie hlavne oxidom uhličitým a vodou). Vo viditeľnej oblasti je pohltenie len čiastočné a závisí na hrúbke atmosféry, ktorou musí žiarenie prejsť. Pri rovnakej výške slnka nad obzorom sa teda väčšie pohltenie odohráva v rovníkových oblastiach a naopak menšie v oblastiach polárnych a na horách. Pohltenie v polárnych oblastiach je však zároveň zväčšené tým, že slnečné lúče prenikajú do atmosféry pod ostrým uhlom a musia tak preniknúť relatívne hrubšou vrstvou.

Za priaznivých podmienok prenikne atmosférou na zemský povrch len cca $1\,000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ z celkového žiarenia $1373 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Ostatné žiarenie atmosféra pohlcuje (absorbuje). Slnečné žiarenie, ktoré vnikne do zemskej atmosféry, tak dopadne buď priamo na zemský povrch, alebo sa odrazí od oblakov a nečistôt v atmosfére (asi 30 %) alebo dopadá ako odrazené od inej časti zemského povrchu alebo iných predmetov. Podľa toho rozlišujeme žiarenie na rozptýlené (difúzne) a priame. [14]



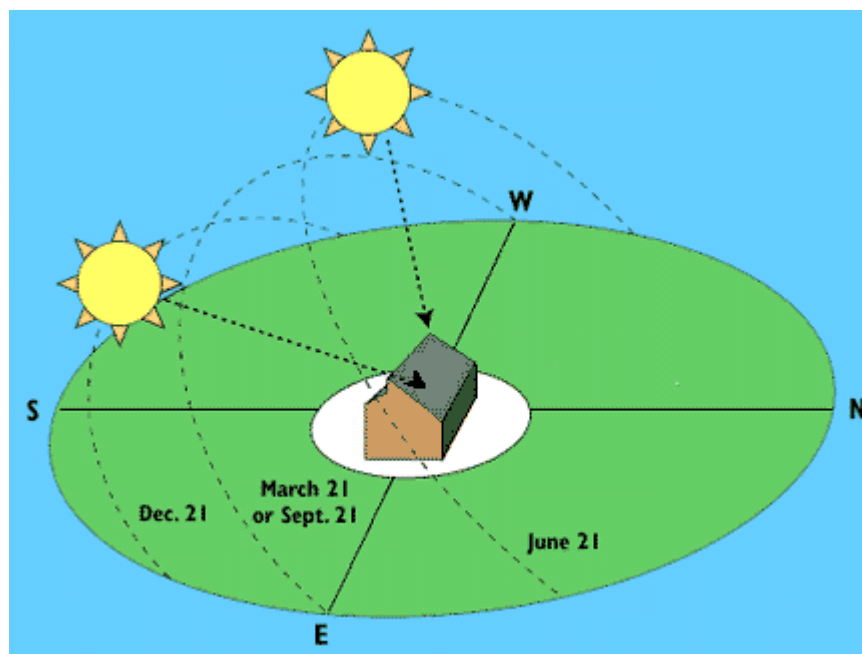
Obr.1 Využitie slnečného žiarenia v kolektore [1]

Súčet priameho a difúzneho žiarenia sa označuje ako globálne žiarenie, ktorého intenzita sa mení v závislosti na ročnom období a stave atmosféry. Pomer priameho a difúzneho žiarenia je závislý na geografických a mikroklimatických podmienkach. V strednej Európe tvorí difúzne žiarenie v celoročnom priemere 50-70 % z globálneho žiarenia [1], zatiaľ čo v zime dosahuje až 90%-ný podiel. Najviac energie zo Slnka teda samozrejme získavame v letných mesiacoch, keď je intenzita najvyššia. Maximum slnečného žiarenia v našich zemepisných šírkach zaznamenávame v mesiaci júl, minimum na prelome decembra a januára. Najviac žiarenia dopadá na zem vždy napoludnie, kedy je poloha Slnka voči Zemi optimálna, čo znamená že trajektória slnečného lúča cez atmosféru je najkratšia. Vtedy dochádza k najmenšiemu rozptylu a absorpcii žiarenia v atmosfére.



Obr.2 Energetická bilancia Zeme – prechod žiarenia zemskou atmosférou [11]

Nasledovný obrázok znázorňuje polohu Slnka voči Zemi v jednotlivých ročných obdobiach. V tabuľke pod ním sú uvedené hodnoty a podiely dopadajúceho slnečného žiarenia na územie Slovenska.

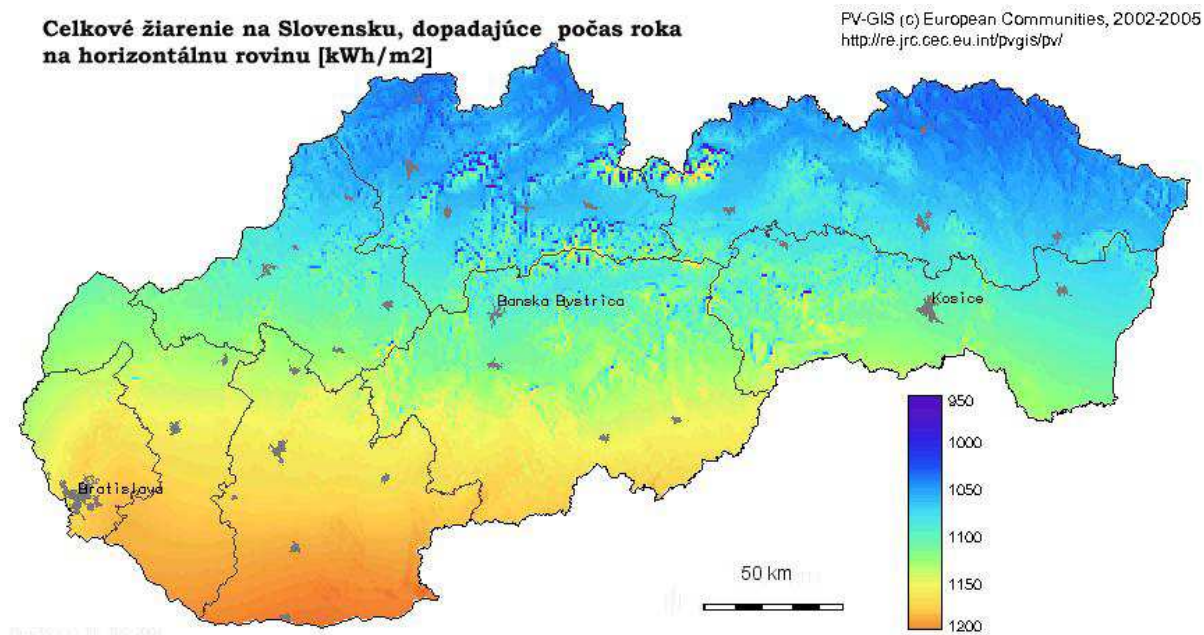


Obr.3 Vplyv ročného obdobia na slnečnú dráhu [2]

Tab.1 Počet hodín slnečného svitu v jednotlivých mesiacoch [3]

Mesiac	Globálne žiarenie kWh/(m ² ·mesiac)	Difúzne žiarenie kWh/(m ² ·mesiac)	Globálne žiarenie kWh(m ² ·deň RGD)	Difúzne žiarenie kWh(m ² ·deň RDD)
Január	25	18	0,81	0,58
február	42	22	1,5	0,79
Marec	85	42	2,74	1,35
apríl	128	61	4,27	2,03
Máj	174	80	5,61	2,58
Jún	178	85	5,93	2,83
Júl	179	83	5,77	2,68
august	152	70	4,9	2,26
september	108	50	3,6	1,67
október	70	32	2,26	1,03
november	30	18	1	0,6
december	20	12	0,65	0,39
Spolu za rok	1191	573	-	-
Priemer - deň	-	-	3,25	1,57
Priemer - mesiac	99,25	47,75		

Na mape vidíme, že najväčšia intenzita slnečného žiarenia zasahuje južné a juhozápadné Slovensko, zatiaľ čo Kysuce, Orava a ostatné časti severného Slovenska zaznamenávajú túto intenzitu najnižšiu.

Obr.4 Ročný úhrn globálneho slnečného žiarenia (kWh/m²) na Slovensku zdroj [4]

4 Slnčná energia a jej využívanie

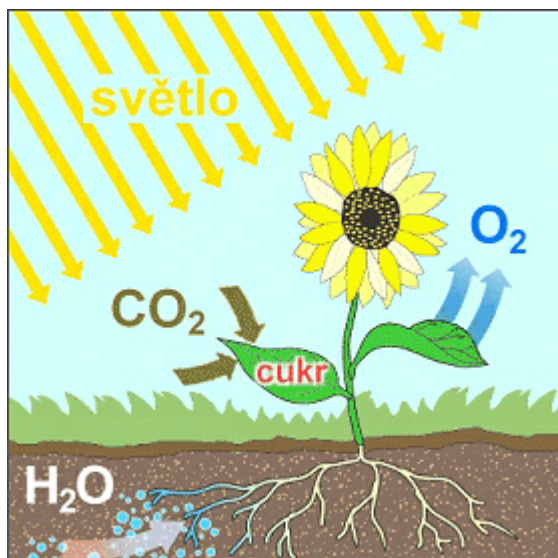
Skoro všetka energia zo Slnka je vyžarovaná prostredníctvom elektromagnetického žiarenia, ktoré je nevyhnutné pre život na Zemi. Za sekundu vyžiari Slnko viac energie, než svet dokáže spotrebovať za 1000 rokov. Množstvo dopadajúcej slnečnej energie na územie Slovenska je približne 200-násobne väčšie, ako je súčasná spotreba primárnych energetických zdrojov u nás. Podľa zákona o zachovaní energie platí, že celková slnečná energia dopadajúca na planétu Zem sa bez strát premieňa na iné formy energie, a to na:

- *energiu fosílnych palív* (uhlie, ropa, zemný plyn), ktorá vznikla v dávnej minulosti z rastlinnej alebo živočíšnej biomasy
- *veternú energiu* - prúdenie vzduchu vyvolané odlišnou intenzitou ohrevu jednotlivých častí planéty a vlny, ktoré vyvoláva vietor na vodnej hladine
- *vodnú energiu*, t.j. energiu ktorú vyvolala slnečná energia ako kolobeh vody v prírode *teplo*, ktoré je prejavom strát pri energetických premenách a vlastnú nepremenenu energiu

Slnečná energia je teda primárnym pôvodcom týchto foriem energie a dá sa využívať mnohými spôsobmi, ktoré môžeme rozdeliť na biologické, aktívne a pasívne.

4.1 Biologické využívanie slnečnej energie

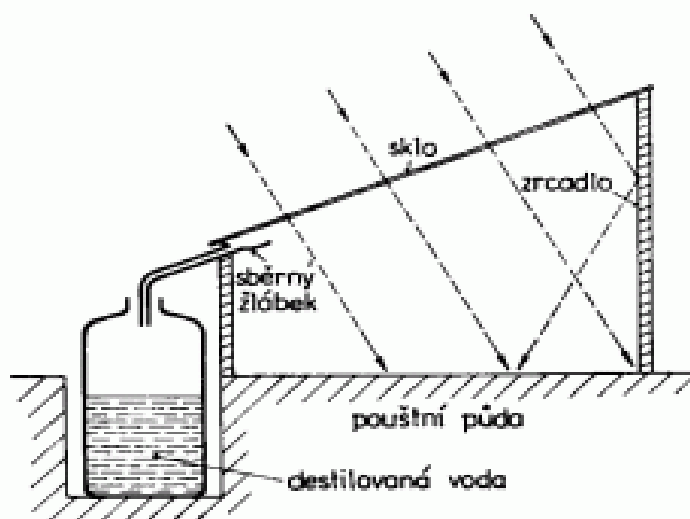
Biologickú premenu slnečnej energie môžeme pozorovať v prírode. Je ňou fotosyntéza. Energia, ktorá sa takto uloží v rastlinách býva ľuďmi využívaná prostredníctvom spaľovania biomasy. Fotosyntéza je nutná pre život a prebieha neustále na veľkých plochách. Jej účinnosť je ale veľmi malá (1 %). V poslednom období možno čím ďalej tým častejšie pozorovať snahu získavania energie z biomasy. A to buď zachytávaním spáliteľných plynov, vznikajúcich rozkladom organických látok, alebo výrobou biopalív z repky olejnej. Tento druh energie je zaujímavý ako z hľadiska ekonomického tak aj ekologického.



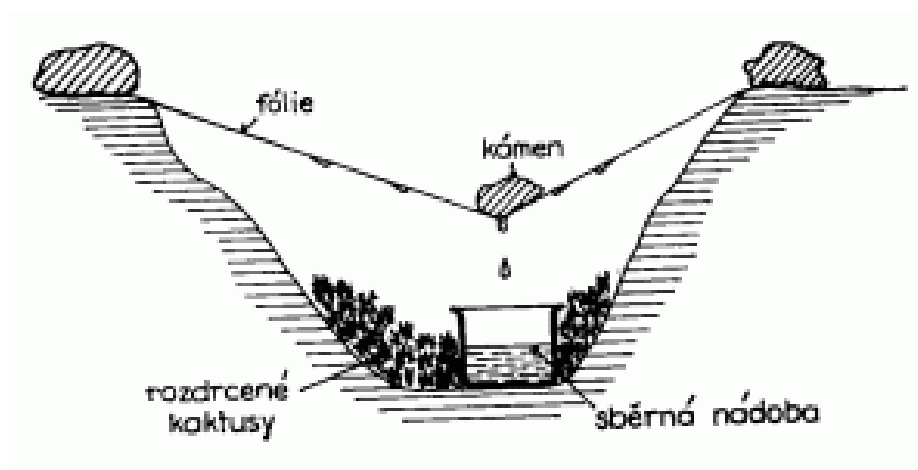
Obr.5 Fotosyntéza [5]

4.2 Pasívne využívanie slnečnej energie

Pasívne využívanie solárnej energie sa využíva hlavne v architektúre. Už ľudia z antických dôb vedeli svoje príbytky postaviť tak, aby im poskytl čo najideálnejšie tepelné pohodlie, v zime dostatok slnečných lúčov na zahriatie. Naopak v lete sa snažili predísť prehrievaniu budov. Základom je vhodné umiestnenie budovy a rozmiestnenie interiéru tak, aby bol využitý maximálny energetický účinok. Kvalitný stavebný materiál s veľkou tepelnou kapacitou ako aj izolácia vonkajšieho povrchu a energeticky účinné okná zaručujú malé zmeny vnútornej teploty. Ak chceme budovu rýchlo vykúriť, je vhodné pokryť i vnútorné plochy istou vrstvou izolácie. Slnečnú architektúru si tiež vieme predstaviť ako presklené priestory, ktoré umožňujú slnku ohrievať vzduch interiéru, ktorý môže byť následne hnaný do iných (nie priamo ohrievaných) častí budovy. Patria sem skleníky, zimné záhrady, či presklené balkóny. Tepelné úspory sú v týchto priestoroch dosahované dodatočnou izolačnou vrstvou, ktorú tieto priestory predstavujú a tým, že slnečné žiarenie vyhrieva presklený priestor, takže sa znižujú tepelné straty cez stenu. Medzi ďalšie pasívne spôsoby využívania slnečnej energie môžeme zaradiť aj slnečnú destiláciu vody (obr. 6). Táto sa využíva hlavne v krajinách s nedostatkom pitnej vody. Jej princíp spočíva v odparovaní slanej vody a následnom zachytávaní skondensovanej pary. Dokonca i tam, kde slnko samo o sebe je príčinou nehostinných podmienok pre život (púštne oblasti), môžeme využiť jeho žiarenie k nazhromaždeniu pitnej vody potrebnej pre prežitie. Konkrétne prakticky primitívnym systémom, ktorý dokáže vodu obsiahnutú v pôde skoncentrovať do nádoby (viď obr. 7).



Obr. 6 Púštny slnečný destilátor Kobayashiho [6]



Obr. 7 Najjednoduchší slnečný destilátor [6]



Obr. 8 Zimná záhrada [13]

4.3 Aktívne využívanie slnečnej energie

Aktívne využívanie solárnej energie predstavujú fotovoltaiické články a solárne kolektory.

Fotovoltaiické články

Fotovoltaiický článok je zariadenie, ktoré priamo premieňa slnečnú energiu na energiu elektrickú prostredníctvom fotovoltaiického javu. Je to fyzikálny jav, pri ktorom sú elektróny emitované z látky (najčastejšie z kovu) v dôsledku absorpcie elektromagnetického žiarenia látkou. Emitované elektróny sú označované ako fotoelektróny a ich uvoľňovanie sa označuje ako fotoelektrická emisia (fotoemisía). Pokiaľ jav prebieha na povrchu látky, tzn. pôsobením vonkajšieho elektromagnetického žiarenia sa elektróny uvoľňujú do okolia látky, vravíme o vonkajšom fotoelektrickom jave. Fotoelektrický jav však môže prebiehať aj vo vnútri látky, kde uvoľnené elektróny látku neopúšťajú, ale zostávajú v nej ako vodivostné elektróny. V tomto prípade sa hovorí o vnútornom fotoelektrickom jave. Pokiaľ na látku dopadajú elektróny, ktoré spôsobujú vyžarovanie fotónov, ide o inverzný (obrátený) fotoelektrický jav.

Fotovoltaické články majú mnoho aplikácií. Jednotlivé články sa používajú na napájanie malých zariadení, ako sú napríklad elektronické kalkulačky. Fotovoltaické polia generujú formu obnoviteľnej elektriny, užitočnej najmä v situáciách, kde je nemožné získať elektrickú energiu zo siete, vo vzdialených elektrických sieťach, v satelitoch na obežnej dráhe a vo vesmírnych sondách, v rádiotelefonoch a v aplikáciách vodných čerpadiel. Fotovoltaika sa napriek tomu stále viac rozmáha aj v klasických elektrizačných sústavách. Fotovoltaické články sa (podobne ako iné zdroje elektrickej energie) kvôli dosiahnutiu vyššieho nominálneho napätia zapájajú do blokov pozostávajúcich z batérií. Kvôli premenlivému slnečnému svitu a tým premenlivým výstupným parametrom (výkon, napätie) je výstup fotovoltaických batérií upravovaný (napr. pre pripojenie do rozvodnej elektrickej siete) pripojenou výkonovou elektronikou. [14]

Fotovoltaika patrí k najperspektívnejším alternatívnym zdrojom energie. Očakáva sa, že behom relatívne krátkej doby budú fotovoltaické panely vyrábať 10 až 20 % celosvetovej spotreby elektriny. Spôsob získavania elektrickej energie pomocou fotovoltaických článkov je na vysokej technickej úrovni využívaný v kozmonautike (kozmičné vesmírne stanice, Hublov ďalekohľad a pod.)

Solárne kolektory

Slnečné (solárne) kolektory sú zariadenia, ktoré premieňajú zachytené slnečné žiarenie na teplo. Existujú rôzne typy a konštrukčné prevedenia termických solárnych kolektorov. So solárnymi kolektormi sa podrobnejšie zoznámime v nasledujúcej samostatnej kapitole.

4 Solárne kolektory

Podľa tzv. teplotnosnej látky, ktorá akumuluje a prenáša teplo delíme solárne kolektory na:

- **kvapalinové** – ako teplotnosnú látku používajú kvapalinu; sú charakteristické malými priermi potrubných rozvodov v okruhu kolektorov
- **vzduchové** - ako teplotnosnú látku používajú vzduch; sú charakteristické veľkými priermi potrubných rozvodov

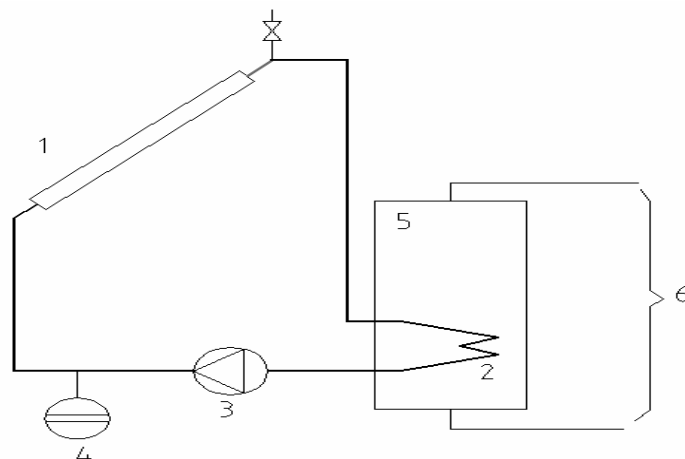
Najčastejšie sa teplo akumuluje vo vode alebo nemrznúcej zmesi (v zimných mesiacoch môže voda v potrubí zamrznúť a potrubie poškodiť), ktorá cirkuluje v okruhu a teplo odovzdáva inej ohrievanej látke. Najčastejšie je to úžitková voda.

5.1 Typy kolektorových okruhov

Podľa okruhov sa systémy delia na:

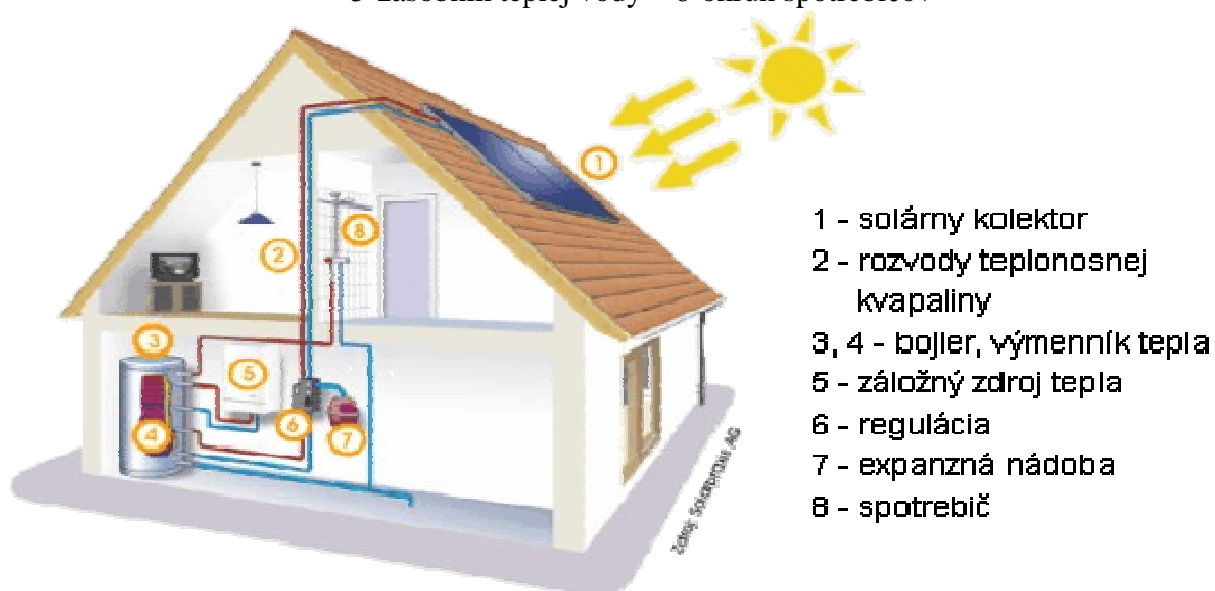
otvorený kolektorový okruh – voda, ktorá prúdi cez kolektory, kde sa ohrieva, sa priamo mieša s vodou v zásobníku – v tomto prípade je zásobníkom bazén. Charakteristické využitie: ohrev bazénov, ktorých voda je spravidla chemicky upravená. Nevýhodou je, že teplosmenné trubky, zväčša malého priemeru, majú tendenciu zanášať sa minerálmi rozpustenými vo vode. Tento spôsob zapojenia nie je vhodný pre použitie v zimných mesiacoch.

• **uzatvorený kolektorový okruh** – uzatvorený sa nazýva preto, lebo teplotnosná kvapalina v okruhu (primárny okruh) prechádza cez kolektory, kde sa ohrieva, následne prúdi do zásobníka úžitkovej vody, kde cez výmenník odovzdáva teplo úžitkovej vode, ktorá tvorí tzv. sekundárny okruh. Teplotnosná kvapalina sa nemieša priamo s vodou v zásobníku. To umožňuje použiť v primárnom okruhu nemrznúcu zmes, takže zariadenie je k dispozícii po celý rok. Primárny okruh môže byť buď tlakový alebo beztlakový. V oboch prípadoch si však vyžaduje tzv. expanznú nádobu, ktorá slúži na kompenzáciu zmien objemu primárnej kvapaliny vplyvom zmien teplot. V prípade, že ide o beztlakový systém, expanzná nádoba musí byť situovaná na najvyššom mieste celého okruhu. Beztlakový okruh je náchylný na stratu teplotnosnej kvapaliny formou odparovania. Tlakový systém musí byť opatrený poistným ventilom, ktorý chráni systém pred poškodením od vysokého tlaku (napr. stúpnutie tlaku pri strate cirkulácie kvapaliny) a plniacim ventilom, cez ktorý sa do systému natlačí plyn (spravidla je to vzduch). Sekundárnu časť tvorí tepelný zásobník, ktorý môže byť zdrojom TUV alebo len zásobník tepla.



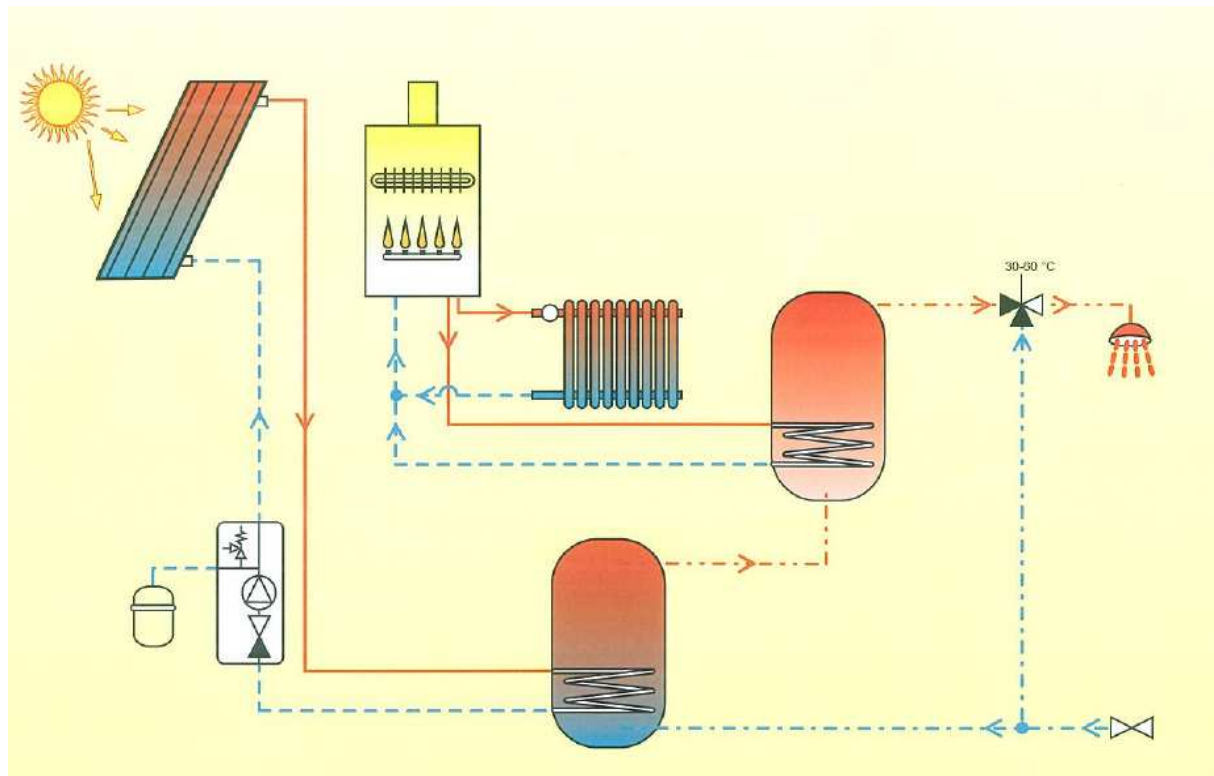
Obr.9 Uzatvorený kolektorový okruh

1-kolektor 2-výmenník tepla 3-obeňové čerpadlo 4-expanzná nádoba s membránou
5-zásobník teplej vody 6-okruh spotrebičov



Obr.10 Uzatvorený kolektorový okruh tlakový [8]

Pre uspokojenie potreby teplej vody v prípade dlhodobejšieho nedostatku slnečného svitu je potrebné kombinovať solárny ohrev s niektorým z tradičných spôsobov ohrevu vody. Optimálnym sa javí, predradiť solárny ohrev pred konvenčný systém ohrevu vody (napr. spaľovaním plynu). Takéto zapojenie umožní maximálne využitie energie získanej zo slnka. Nasledujúci obrázok je príkladom takéhoto zapojenia.



Obr. 11 Uzatvorený kolektorový okruh s vlastným zásobníkom [9]

5.2 Typy solárnych kolektorov

Podľa spôsobu prevedenia a určenia možno solárne kolektory rozdeliť na:

5.2.1. Plastové absorbéry na ohrev bazénovej vody

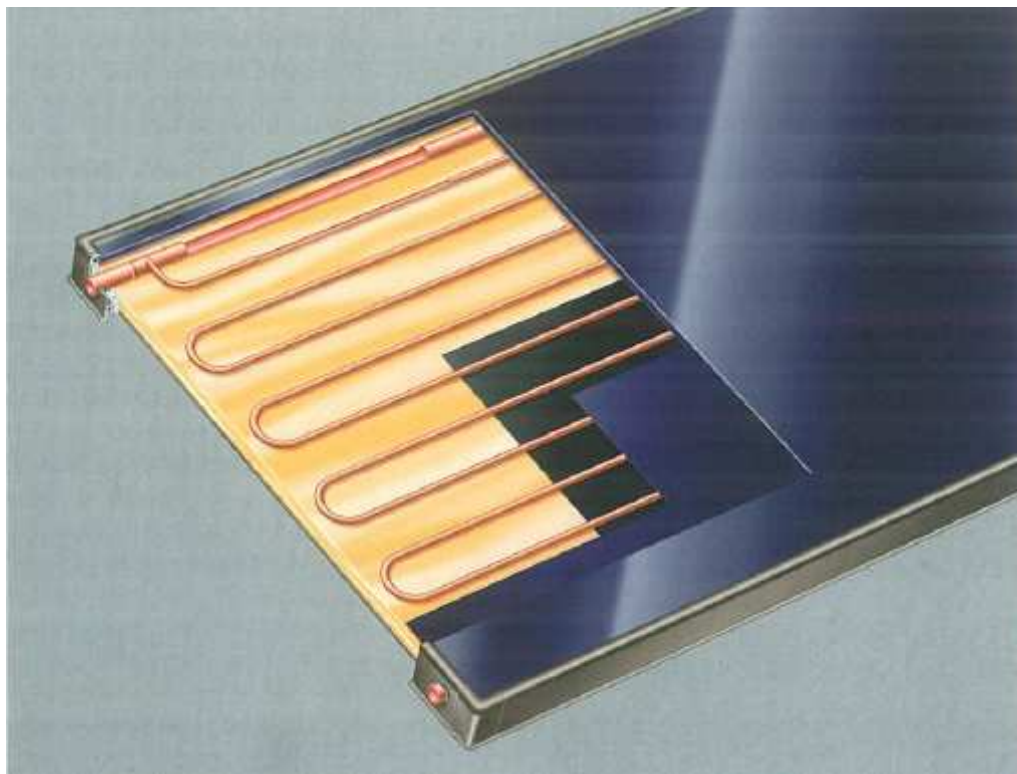
Plastové absorbéry sa vzhľadom k ich obmedzenej odolnosti proti tlaku a teplotám používajú najmä na ohrev bazénovej vody, keďže požadovaná teplota je len o málo vyššia ako teplota prostredia. V tomto prípade nie je potrebný kryt, pretože tok tepla z absorbéra do okolia nie je veľký a kryt by uberal príliš veľa slnečnej energie. Takéto **kolektory** skladajúce sa len z prepojených absorbérov bývajú inštalované na plochú strechu, vhodnejšie a jednoduchšie je riešenie s mierne šikmou strechou. Pretože bazénové absorbéry sú z nehrdzavejúceho materiálu, môžu sa využívať v jednookruhových systémoch, kde chlórovaná voda z bazénu poháňaná obehovým čerpadlom preteká priamo absorbérom – nie je teda potrebné oddeliť **solárny okruh** od skutočne využívanej vody. Ak je k dispozícii filtračné zariadenie, môže byť použité i pre **solárny okruh**. Predpokladom je dostatočný výkon čerpadla. **Kolektory** z umelých hmôt sú v prevádzke len v letnej polovici roka a je nutné ich vyprázdniť pred prvými mrazmi. Absorpčná plocha má tvoriť 50-100 % z povrchovej plochy bazéna. Na rozdiel od absorbérov sú **ploché kolektory** vhodné pre ohrev vody v bazéne vtedy, ak má byť okrem bazénu zásobovaný aj iný spotrebič, ako napr. príprava TÚV, podpora vykurovania.



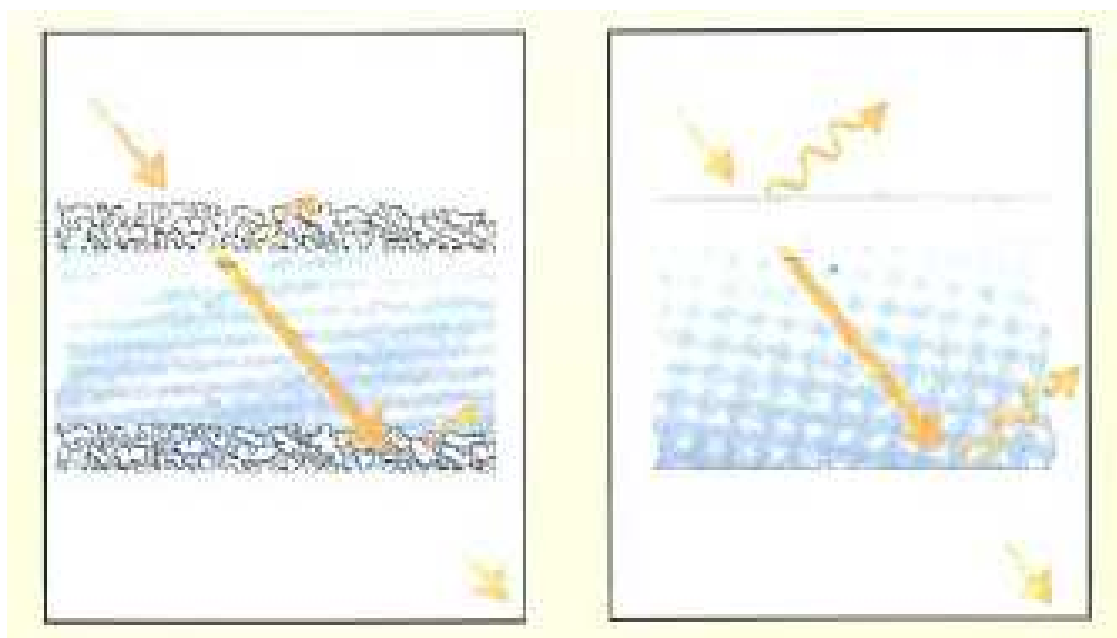
Obr.12 Plastový absorbér na ohrev bazénovej vody [10]

5.2.2 Ploché (doskové) kolektory

Na ohrev vody a v rastúcej miere i na účely podpory vykurovania sa využívajú v prevažnej miere **ploché kolektory**. Plochý kolektor sa skladá z plášt'a kolektora (väčšinou v podobe hliníkovej vane), absorbéra, tepelnej izolácie z minerálnej vlny s hrúbkou 40-70 mm a priehľadného krytu. Absorbér býva vyrobený z dosiek z ľahkých zliatin (soltitánové) s vysokou schopnosťou absorpcie a s vysokou vodivosťou tepla. Do nich je vlisovaná medená trubka, v ktorej prúdi teplonosné médium. Aby bol efekt premeny solárneho žiarenia na teplo čo najväčší, povrch, na ktorý dopadajú slnečné lúče je zdrsnený, čo pri rovnakom pôdoryse má väčší povrch ako hladký (povrch je podobný povrchu špongie). Je snaha výrobcov priblížiť sa farbou povrchu ku absolútne čiernej, ktorá absorbuje maximum slnečných lúčov a len minimum odráža. Tomuto efektu napomáha práve aj zdrsnený povrch. Okrem absorbéra, má na účinnosť kolektora vplyv aj sklo. Slnečné žiarenie prechádza krycím sklom a dopadá na absorbér, v ktorom dochádza k premene energie žiarenia na tepelnú energiu. Tá sa potom odovzdáva teplonosnej kvapaline. Sklo používané na zakrytie vane, je chudobné na železo, tvrdené, odolné voči krupobitiu. Aby bol efekt dopadajúcej solárnej energie čo najväčší, v súčasnosti sa používa antireflexné solárne sklo. Sklo je z oboch strán pokryté antireflexnou vrstvou. Takéto usporiadanie v súčasnosti predstavuje vrchol v používaných sklách. Takto sa dosiahne až 95%-ná priepustnosť slnečnej energie.



Obr. 13 Konštrukcia plochého solárneho kolektora [1]



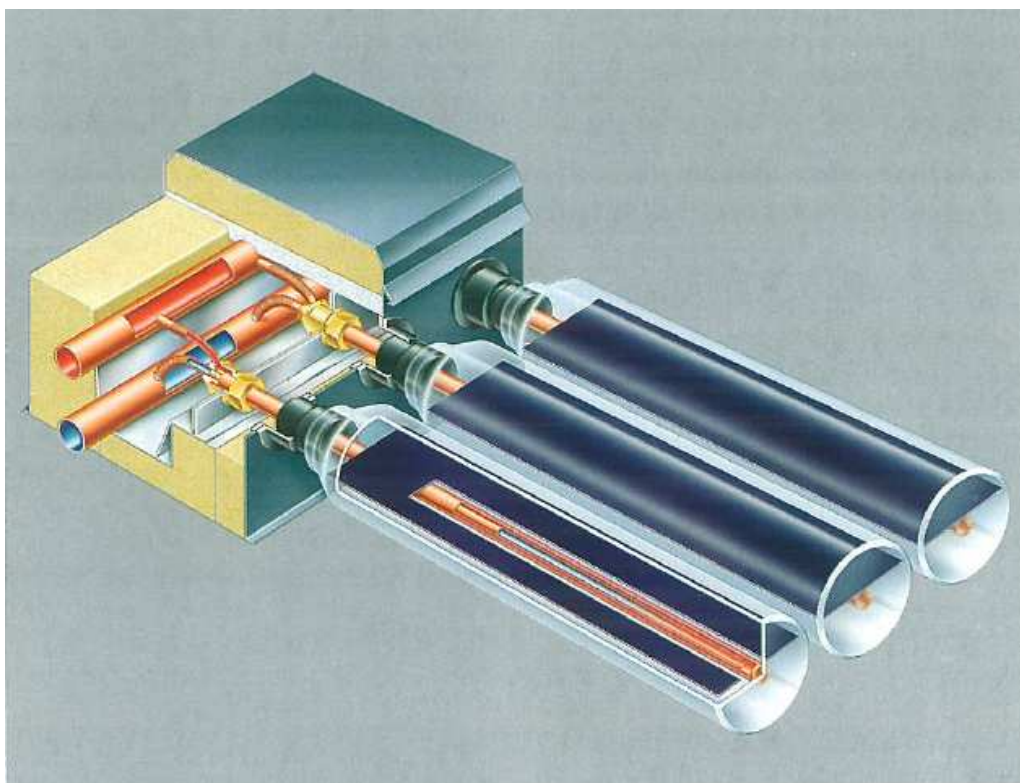
Obr. 14 Porovnanie priepustnosti antireflexného a obyčajného skla [1]

5.2.3 Vákuové kolektory

Vákuové trubkové kolektory je možné rozdeliť na kolektory s priamym prúdením a kolektory pracujúce podľa princípu tepelnej trubice. [10]

Vákuový trubicový kolektor

Vákuové kolektory bývajú väčšinou z výrobo-technických dôvodov prevedené vo forme radu trubíc. Pozostávajú z vysoko vákuovaných trubíc zo solárneho skla. Tepelné straty sú veľmi nízke a umožňujú ich využitie aj v zimných mesiacoch. Aj v tomto období poskytujú teplo na výrobu TUV alebo ohrev miestností. V každej vákuovej trubici je zabudovaný absorbér so sol-titánovou vrstvou (viď obr. 15). S absorbérovým plechom je spojená koaxiálna rúrka tepelného výmenníka, cez ktorú priamo prúdi teplonosné médium. Oba konce koaxiálnej rúrky sú zaústené do rozdeľovacieho resp. zberného kolektora, ktoré sú dobre tepelne izolované a sú umiestnené v hornej časti kolektora.[10]



Obr. 15 Detail riešenia trubicového vákuového kolektora [1]

Je známe aj prevedenie, kde rozdeľovacia rúra je na spodnej časti kolektora a zberná v hornej časti kolektora. Viď obr. 16.



Obr.16 Vákuový trubicový kolektor [10]

Pomer medzi cenou a výkonom vákuových kolektorov je nevýhodný. Vďaka vákuu síce dosahujú vyššiu účinnosť a vyššie teploty, ale sú náročnejšie na výrobu a udržanie vákua, a teda aj drahšie. Využitie nachádzajú v technologických procesoch, kde sa vyžaduje výroba teplej vody nad 60°C. [10]

Vákuový plochý kolektor

Prvenstvo v oblasti technologického prevedenia **vákuových kolektorov** v podobe vákuových plochých kolektorov patrí Slovensku. Avšak z ekonomického hľadiska pomer cena/výkon vychádza, že nie sú vhodné na výrobu TÚV. Zásadným problémom zostáva udržiavanie vákua, od ktorého veľmi závisí ich efektivita. [10]



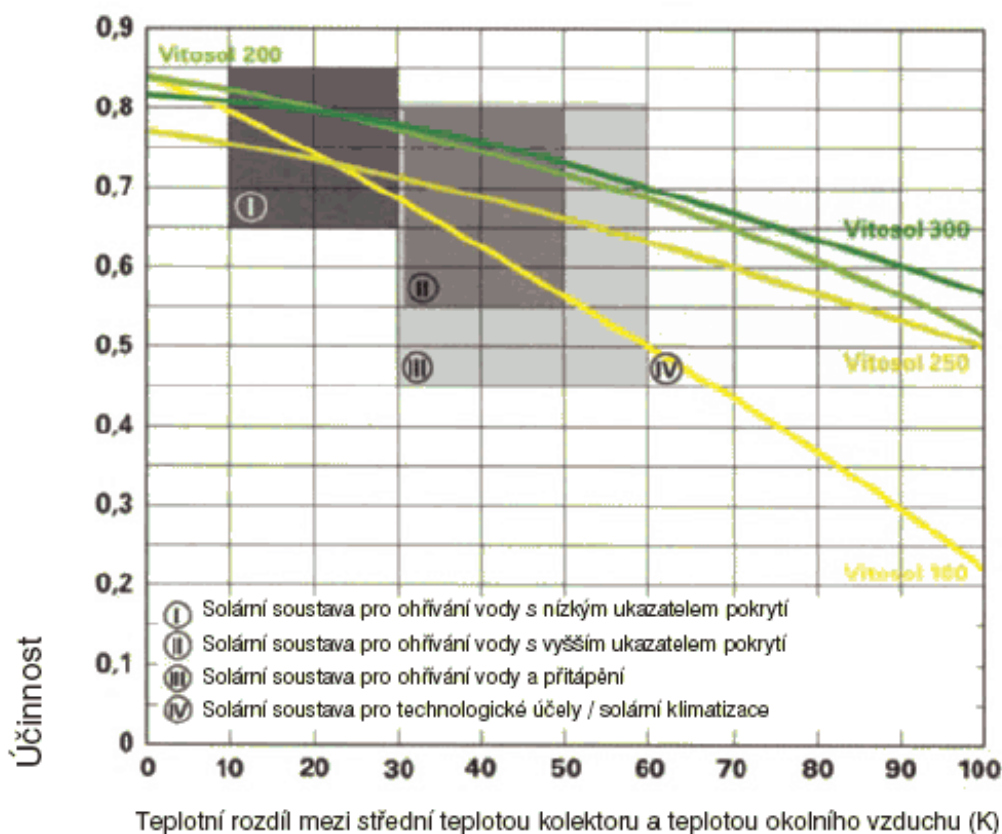
Obr. 17 Konštrukcia vákuovoplochého kolektora [10]

5.2.4 Koncentrujúci solárny kolektor

Koncentrujúce kolektory sústreďujú priame **slnečné žiarenie** pomocou parabolických zrkadiel na jedno miesto, v ktorom je umiestnený tepelný výmenník - kolektor. Pomer plôch zrkadiel a výmenníka je výrazne vysoký v prospech zrkadiel. Princíp je založený na tom, že pomocou zrkadiel usporiadaných do obrovskej paraboly, sa koncentruje slnečná energia na relatívne malú plochu. V nej je umiestnený výmenník so všetkými vlastnosťami, aké majú ploché solárne kolektory. Usporiadanie je také, že ohrev prúdiacej kvapaliny v kolektore môže dosiahnuť teplôt 200 až 800 °C. Takéto konštrukcie nachádzajú využitie len na priemyselné účely (elektrárne na solárny pohon). Stavajú sa na miestach kde celoročný slnečný svit vysoko prevyšuje svit, aký máme na Slovensku. [10]

5.3 Účinnosť kolektorov

Účinnosť kolektorov je závislá na spôsobe využívania a ročnom období a pohybuje sa od 15 do 80 %, priemer 50-55 %. Časť slnečného žiarenia, dopadajúceho na kolektory, sa „stráca“ odrazom na skle a absorpciou (viď obr. 1) sa nazýva optická účinnosť a označuje sa η_0 . V nej sú zohľadnené spomenuté straty ako aj straty, ktoré vznikajú pri prechode tepla z trubiek do solárneho teplotnosného média. Optická účinnosť je definovaná ako maximum krivky, ak rozdiel medzi teplotou kolektora a okolia v ktorom sa kolektor nachádza je nulový. Vtedy kolektor voči svojmu okoliu nevykazuje žiadne tepelné straty. [1]



Obr. 18 Účinnosť rôznych druhov kolektorov: I. na výrobu TÚV pri nízkom krytí, II. pri vyššom krytí, III. na výrobu TÚV a podporu vykurovania, IV. na využitie v solárnej klimatizácii [1]

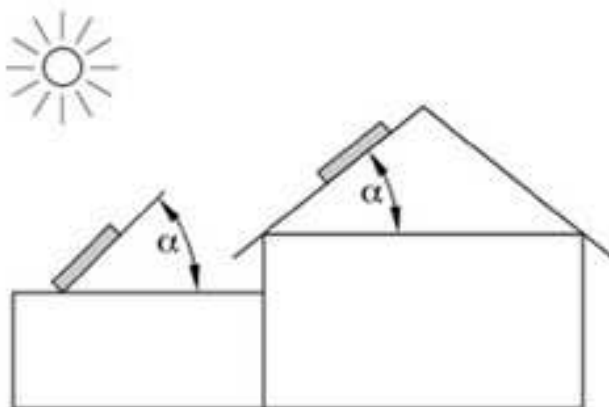
Z grafu vidno, že optická účinnosť η_0 u plochých kolektorov pre výrobu TÚV dosahuje hodnôt od 82,5 po 84 % . Pri súčasnom stave technického vývoja fotovoltaických článkov sa ich účinnosť pohybuje len medzi 11% - 13%. Vývoj však neustále pokračuje a preto je zrejmé, že táto účinnosť sa bude zvyšovať. Pre presné určenie účinnosti používame podľa [1N] vzorec:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot [(t_m - t_e) / I_{str}] - a_2 \cdot I_{str} \cdot [(t_m - t_e) / I_{str}]^2 \quad (1)$$

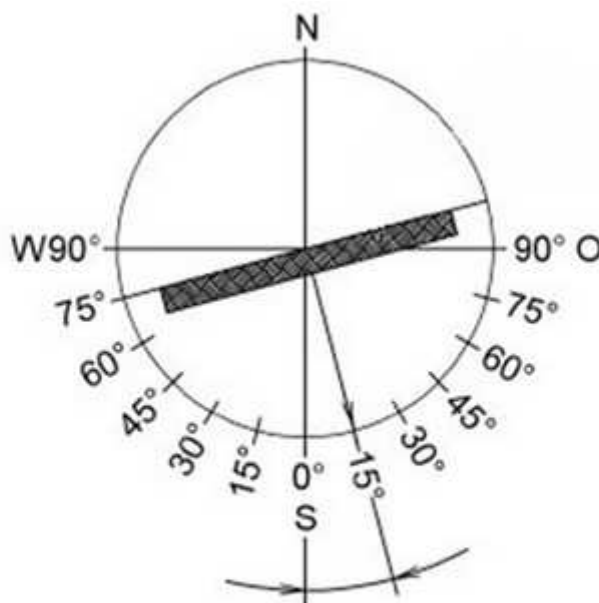
Optickú účinnosť η_0 ako aj koeficienty a_1 a a_2 udáva výrobca vo svojom katalógu.

6 Vplyv sklonu a orientácie kolektoru na využitie slnečnej energie

Pri pojme sklon máme na mysli uhol, ktorý zvierá kolektorová plocha alebo panel s vodorovnou rovinou (obr. 19). Pod pojmom orientácia si predstavujeme pozíciu kolektoru, resp. panelu voči svetovým stranám (obr. 20). Oba uhly sa udávajú v stupňoch. Azimutové určenie orientácie považuje za počiatočný bod sever (0°) a určitý uhol je odčítaný od tohto bodu smerom na východ (v smere pohybu hodinových ručičiek). Častejšie sa však stretávame so systémom, ktorý má za základ stanovený južný smer (0°), pričom smer na západ sa udáva v kladných a smer na východ v záporných hodnotách.

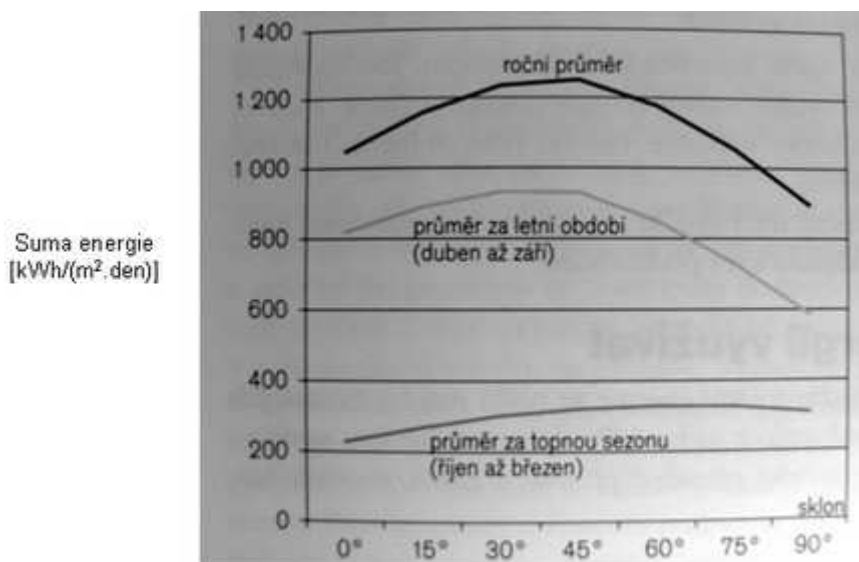


Obr.19 Pre optimalizáciu solárnych ziskov je ideálny sklon kolektoru alebo panelu $30\text{--}50^\circ$ pri celoročnom chode [13]



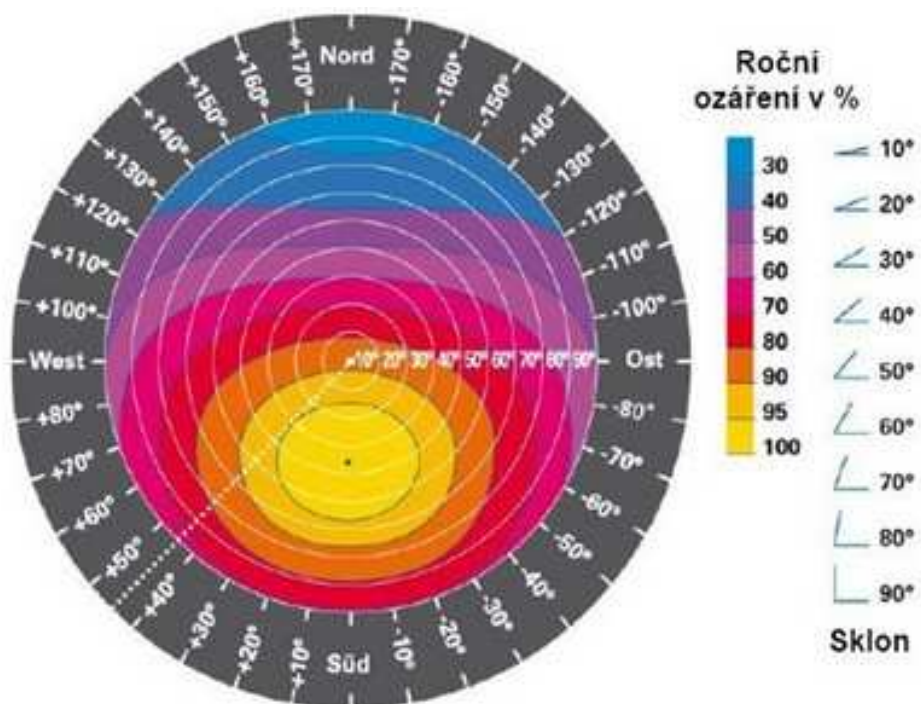
Obr.20 V prípade orientácie kolektoru alebo panelu voči svetovým stranám je ideálne nasmerovanie priamo na juh, prípadne mierne na západ. Na tomto príklade je odklon od juhu o 15° smerom na východ. Pokiaľ táto orientácia nie je vynútená nejakou prekážkou (dom, strom,..) je oproti orientácii v rovnakom uhle na západ, menej vhodná [13]

Je zrejmé, že maximálny výkon zo slnečného žiarenia získame na ploche, ktorá je kolmá k dopadajúcim slnečným lúčom (maximálne množstvo dopadajúceho žiarenia a nízke straty odrazom). Optimálne je preto natáčať kolektorovú, resp. panelovú plochu pomocou navádzacieho zariadenia za slnkom tak, aby lúče dopadali stále kolmo. Rozlišujeme jednoosové (natáčanie vo východno-západnom smere) a dvojosové natáčanie (sleduje sa navyše i výška slnka nad obzorom, teda sklon kolektoru od vodorovnej plochy). Pri jednoosovom natáčaní je zisk oproti systému bez natáčania vyšší asi o 20 %, u dvojosového asi o 30 % brát z pohľadu celoročného využívania.

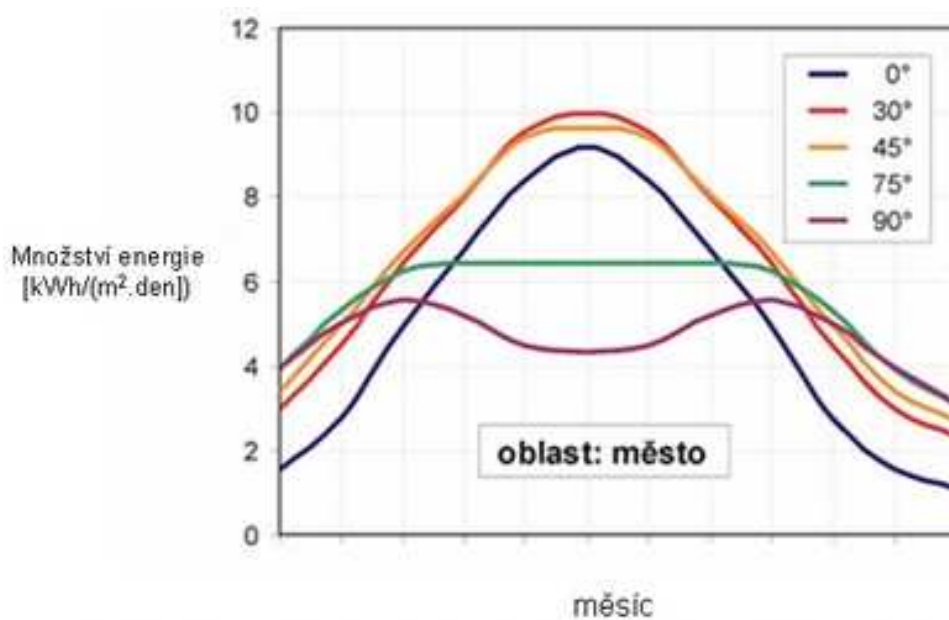


Obr.21 Porovnanie priemerného množstva energie dopadajúcej na južne orientovanú plochu v závislosti na jej sklone v zimnej a letnej polovici roka. [11]

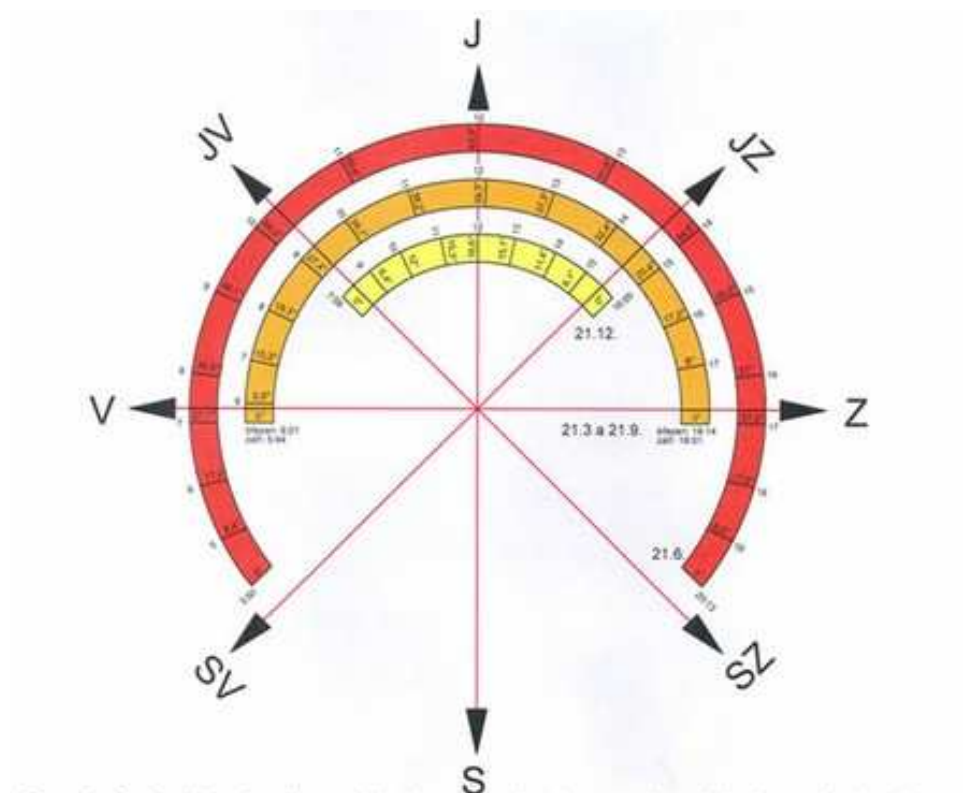
Pre celoročnú prevádzku solárneho systému je najvhodnejší sklon kolektora alebo panelu 45°. Závislosť využitia slnečnej energie dopadajúcej na solárny panel je znázornená od ročného obdobia na obr. 21, od sklonu a ročného obdobia na obr. 23, od sklonu a orientácie na obr. 22. Bez ohľadu na sklon však môžeme konštatovať, že množstvo získanej energie v letnej polovici roka je podstatne väčšie ako v polovici zimnej (obr. 21). Nie je nutné dodržiavať presný sklon a orientáciu. Rozptyl prijateľného sklonu a orientácie je dosť veľký. Pre celoročný chod je prijateľný sklon v rozsahu 40-50°, pre zimné obdobie 50-80° a pre letné obdobie 20-40°. Na severnej pologuli je orientácia panelov vždy na Juh po dobu celého roku s miernou odchýlkou 5-15° na západ. Pokiaľ by sme museli vybrať medzi orientáciou na východ alebo na západ, budeme vždy voliť smer na západ. Hlavný dôvod je ten, že pri rovnakom odklone slnka od juhu napr. 2 hod, teplota slnečných lúčov o 10:00 resp. 14:00 nie je rovnaká. Teplota slnečných lúčov o 14:00 je vyššia ako o 10:00. Teplota slnečných lúčov zapadajúceho slnka (1 hod pred západom 4300 K) prevyšuje teplotu lúčov vychádzajúceho slnka (1 hod. po východe 3500 K). Tento jav sa dobre pozná a prejavuje napr. pri nastavení expozičného času pri fotografovaní. Ďalším dôvodom môže byť nežiaduci výskyt hmly a nízkej oblačnosti, ktorá sa zvyknú vyskytovať častejšie v ranných a dopoludňajších hodinách ako popoludní.



Obr.22 Graf vplyvu sklonu a orientácie na ročné ožiarenie. Príklad nasmerovania o 45° na juhozápad a sklonu 30° (modrý bod). [1]



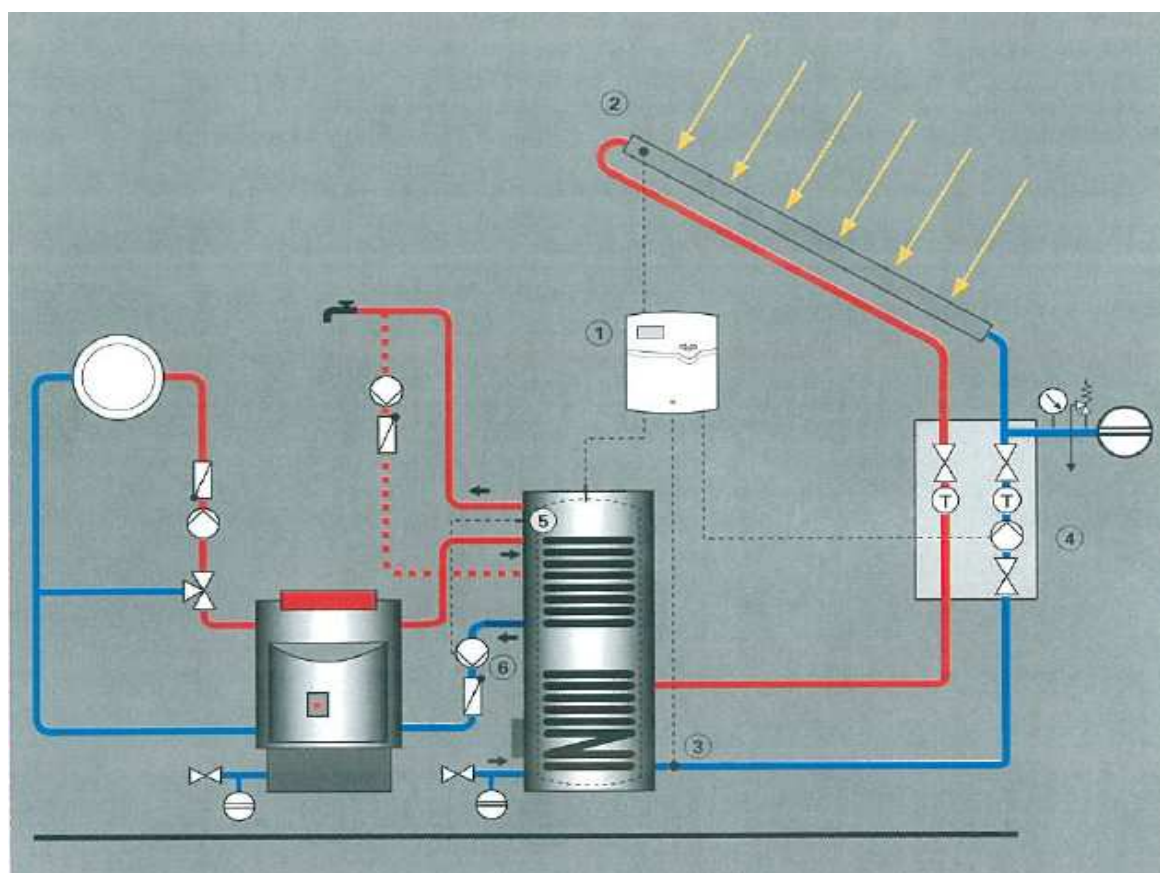
Obr.23 Ročný priebeh teoretickej dennej dávky slnečného žiarenia na rôzne sklonené plochy (orientácia na juh) [13]



Obr. 24. Graf dĺžky dňa, času východu a západu slnka, miesto východu a západu slnka a výšky slnka v závislosti na dennej dobe pri letnom slnovrate (červená), jarnej a jesennej rovnodennosti (oranžová) a zimnom slnovrate (žltá). [11]

7 Návrh solárneho systému pre rodinný dom

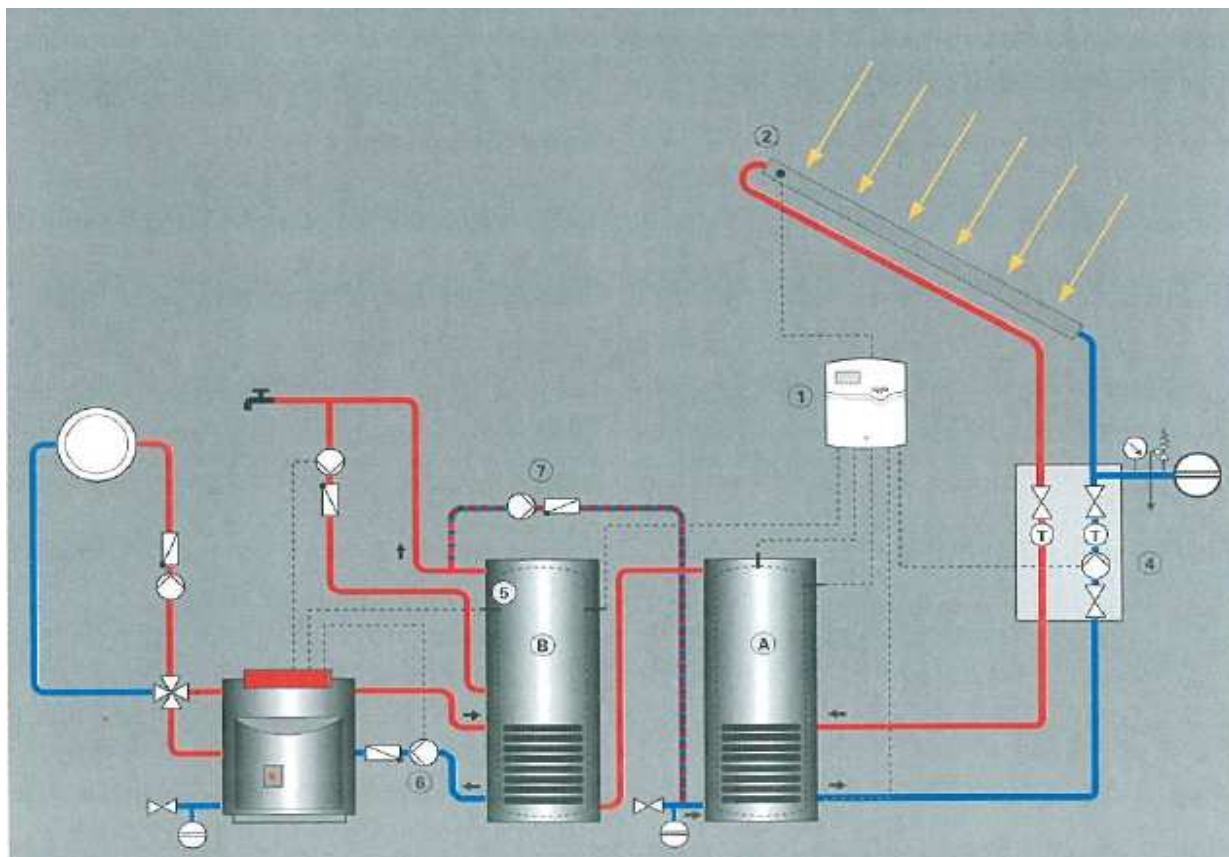
7.1 Popis solárneho systému



Obr. 25 Principiálna schéma solárneho zariadenia s dohrevom pomocou kotla na fosilné palivo [1]

Solárna energia odovzdaná v solárnom kolektore sa odovzdá teplonosnej kvapaline primárneho okruhu (uzatvorený okruh). Cirkulácia je vynútená pomocou cirkulačného čerpadla (4), obdobného, aké sa používajú v systémoch ÚK. Okruh je vybavený expanznou nádržkou s membránou. Tá kompenzuje zmeny objemu spôsobené zmenou prevádzkovej teploty teplonosného média. Keďže sa jedná o tlakový systém, musí byť okruh vybavený pojistným ventilom. Obehové čerpadlo sa uvádza do chodu pomocou automatického regulátora (1), ktorý vyhodnocuje rozdiel teplôt solárnej kvapaliny na výstupe z kolektora (2) a na výstupe zo zásobníka TUV (3). Regulátor (1) zároveň vyhodnocuje aj teplotu TUV v zásobníku. Ak je nižšia ako požadovaná, uvedie do činnosti plynový kotol vrátane čerpadla (6) ktoré zabezpečí cirkuláciu v sekundárnom okruhu (okruh ÚK). V sekundárnom okruhu je trojcestný ventil, ktorý sa prestavuje na režim LETO / ZIMA. Na priloženej schéme sú oba okruhy (primárny a aj sekundárny) tlakové, preto musia mať samostatné kompenzačné zariadenia na zmeny objemu. Podobne je vybavený aj samotný zásobník TUV. Každý okruh je vybavený potrebnými armatúrami na odvzdušnenie, napúšťanie a drenážovanie. V miestach, kde je celoročný slnečný svit vysoký, je vhodné doplniť sekundárny okruh o ďalší zásobník (B) teplej vody s veľkým objemom. Ten slúži na kumuláciu nespotrebovanej tepelnej energie. Tá sa výhodne využíva ako podpora, keď slnečný svit poklesne, takže

obyvatelia rodinného domu nespozorujú výkyvy v počasí. Takéto usporiadanie vid' obr. 26 však zvyšuje investičné náklady a je vhodné pre väčšie obytné domy.



Obr. 26 Sekundárny okruh doplnený o druhý zásobník [1]

7.2 Technické údaje zariadenia

„VITOSOL 100-F Typ SV1 a SH1“

Plochý kolektor pre zvislý alebo vodorovnú montáž, k montáži na plochú a šikmú strechu a k montáži na voľnom priestranstve. Typ SH1 je tiež na fasády. Na ohrev pitnej vody a vody v bazéne pomocou výmenníku tepla. Selektívne pokrytý absorbér zaisťuje rovnomerný tok energie celým kolektorom. Ten zaručuje vysokú absorpciu slnečného žiarenia a nízke emisie tepelného žiarenia. Na absorbéru je namontovaná medená trubka meandrového tvaru, ktorou prúdi teplotnosné médium. Teplotnosné médium pohlcuje cez medenú trubku teplo z absorbéru. Absorbér je obklopený tepelne izolovaným kolektorovým plášťom. Vysoko kvalitná tepelná izolácia je teplotne stála a nedochádza u nej k úniku plynov. Kolektor je zakrytý solárnym sklom. Integrované vstupné a spätné trubky umožňujú tiež jednoduchú a bezpečnú montáž väčších zariadení. Do jedného kolektorového poľa je možné spojiť až 12 kolektorov. Za týmto účelom sú dodávané pružné spojovacie trubky tesnené pomocou O-kružkov. Pripojovacia sada so šroubením so zvieracími krúžkami umožňuje jednoduché spojenie kolektorového poľa s trúbkami solárneho okruhu. Do výstupu solárneho okruhu sa pomocou sady objímky montuje čidlo teploty kolektoru a kryt zo solárneho skla, 3,2 mm. [1]

Aby bolo možné využívať okruh aj v zimných mesiacoch, je vhodné zaplniť ho cirkulačnou kvapalinou, ktorá nezamrzá ani pri teplotách menších ako 0°C. Životnosť systému sa predpokladá na 25-30 rokov.

7.3 Spotreba teplej vody:

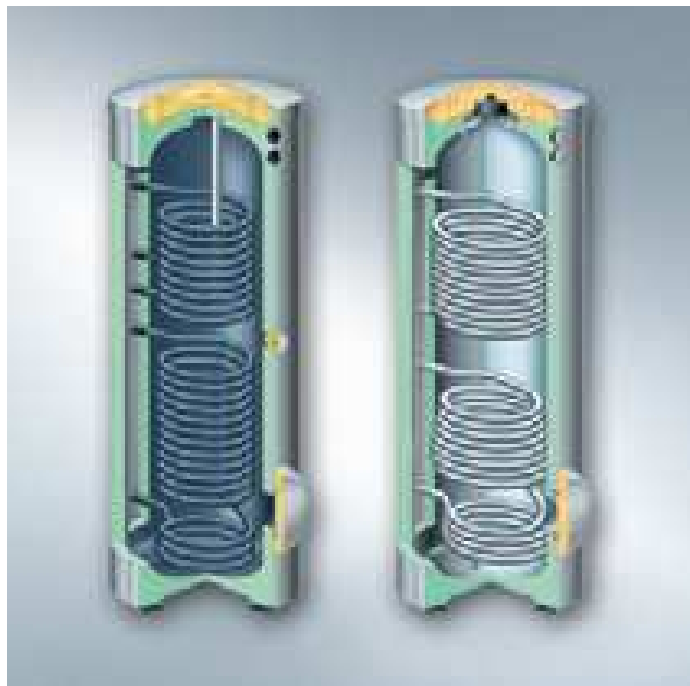
- Rodinný dom pre jednu rodinu , lokalita : okolie Bratislavy
- Počet osôb v domácnosti: 4
- stredné tepelné nároky
- Teplota TÚV: $\vartheta_w = 45^\circ\text{C}$
- Teplota studenej vody: $\vartheta_k = 10^\circ\text{C}$
- v obdobiach so zlým počasím alebo mimo dimenzované obdobie je zabezpečený zdroj TÚV z kotla na ľahký vykurovací olej alebo plyn
- Typ kolektoru: 2x Vitosol 100 (fy Viessmann) s celkovou účinnou plochou $4,66 \text{ m}^2$
- Zvolená spotreba teplej vody podľa VDI 2067 [1] pri teplote 45°C
 $V_p = 50 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1} \cdot \text{osoba}^{-1}$
- pre 4 osoby je to 200 l/deň

Objem zásobníka

Celkový objem zásobníka (objem solárneho zásobníka + pohotovostný objem) by mal byť 1,5 až 2 násobok dennej spotreby s hodnotou $\vartheta_{sp} = 60^\circ\text{C}$

takže
$$V_{Sp \text{ min}} = 2 \cdot 50 \cdot 4 \cdot (\vartheta_w - \vartheta_k) / (\vartheta_{sp} - \vartheta_k) = 280 \text{ l} \quad (2)$$

v katalógu tomu odpovedá dvojvalentný zásobník od fy Viessmann Vitocell 100-B s objemom 300 l.



Obr.27 Bivalentné zásobníkové ohrievače vody Vitocell 100-B (vľavo) a Vitocell 300-B [1]

7.4 Zriaďovacie náklady

Solárna zostava: systém Vitosol 100-F + zásobník Vitocell 100-B

Solárny systém s kolektormi Vitosol 100-F (typ SV1) pre krytinu z vlnových tašiek skladajúci sa z:

- 2 ks kolektorov Vitosol, (plocha absorbéru 4,66 m²)
- príslušenstvo k montáži
- čerpace stanice Solar-Divicon s obehovým čerpadlom typu PS 10
- solárne expanzné nádoby (25 litrov)
- odlučovače vzduchu
- šroubenie so zvieracím krúžkom s odvzdušnením
- pripojovacie potrubie
- teplotné médium (25 litrov)
- regulácia Vitosolic 100
- Zásobníkový ohrievač Vitocell 100-B resp.-W (typ CVB, bivalentný zásobníkový ohrievač vody o objemu 300 litrov)
- Cena 3698€ s DPH

7.5 Výpočet tepla potrebného na ohrev vody

objem zásobníka $V_z = 300 \text{ l} = 0,30 \text{ m}^3$

teplota studenej vody $t_1 = 10^\circ\text{C}$

teplota ohriatej vody $t_2 = 60^\circ\text{C}$

merná tepelná kapacita vody $c_w = 4,184 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Hustota vody pri strednej teplote t $\rho_w = 995,60 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$$Q_{\text{spotr/deň}} = c_w \cdot \rho_w \cdot V_z \cdot (t_2 - t_1) \quad (3)$$

$$= 4,184 \cdot 995,6 \cdot 0,3 \cdot (60 - 10)$$

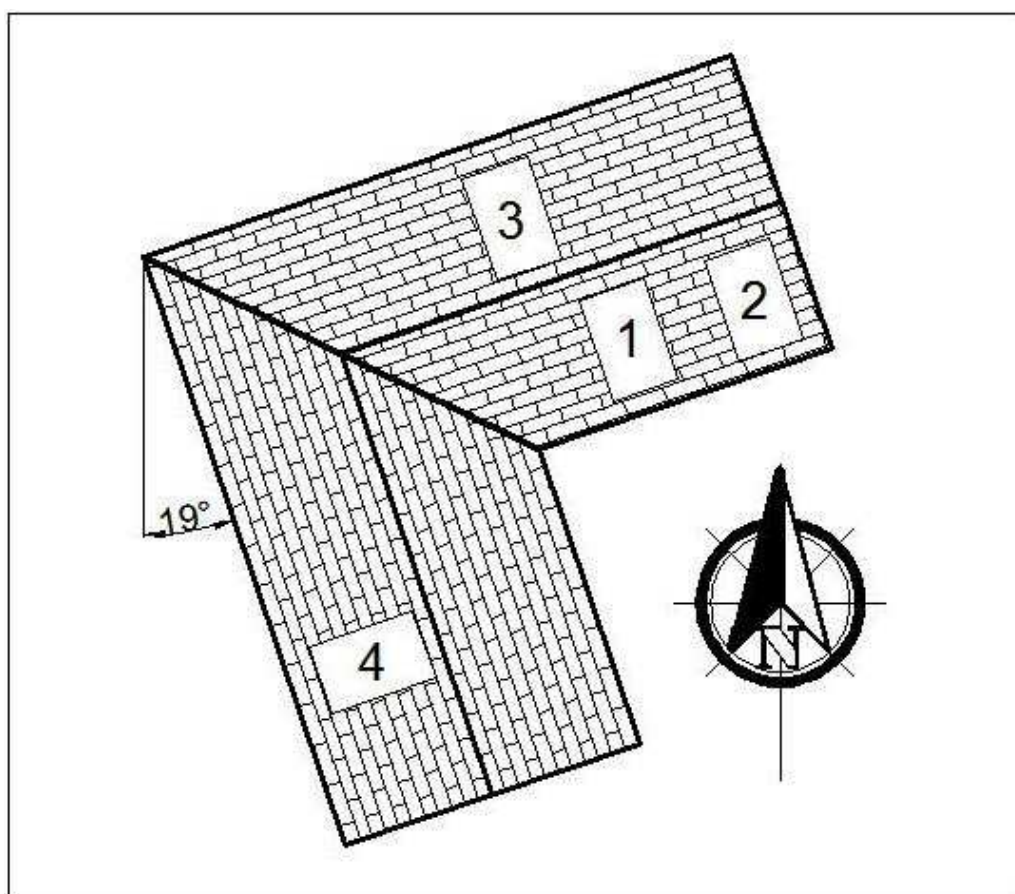
$$= 62483 \text{ kJ } (/3600)$$

$$= \mathbf{17,35 \text{ kWh}}$$

$$Q_{\text{spotr/mes}} = Q_{\text{spotr/deň}} \cdot n \quad (4)$$

7.6 Porovnanie rôznych variant umiestnenia solárnych kolektorov

Tento rodinný dom sa nachádza na západnom Slovensku v obci Sereď (48°17'30" sever, 17°44'30" východ). Dom je postavený v tvare „L“, situovaný s odklonom 19° v smere od juhu na východ (viď obr.28). Strecha domu má sklon 22°. Pre lepšie chápanie orientácie uveďme: 0° = juh, -90° = východ.



Obr. 28 Zemepisná orientácia rodinného domu a varianty umiestnenia solárnych kolektorov

Budeme porovnávať 4 varianty uloženia solárnych panelov:

Tab.2 Varianty uloženia solárnych panelov

	1	2	3	4
Sklon	22°	45°	22°	22°
Orientácia	-19°	-19°	161°	71°

Optická účinnosť kolektoru udávaná výrobcom..... $\eta_0 = 0,743$

Súčiniteľ tepelnej straty (lineárny)..... $a_1 = 4,16 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Súčiniteľ tepelnej straty (kvadratický)..... $a_2 = 0,0124 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-2}$

Stredná teplota teplonosnej kvapaliny..... $t_m = (t_1 + t_2)/2 = (10 + 60)/2 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

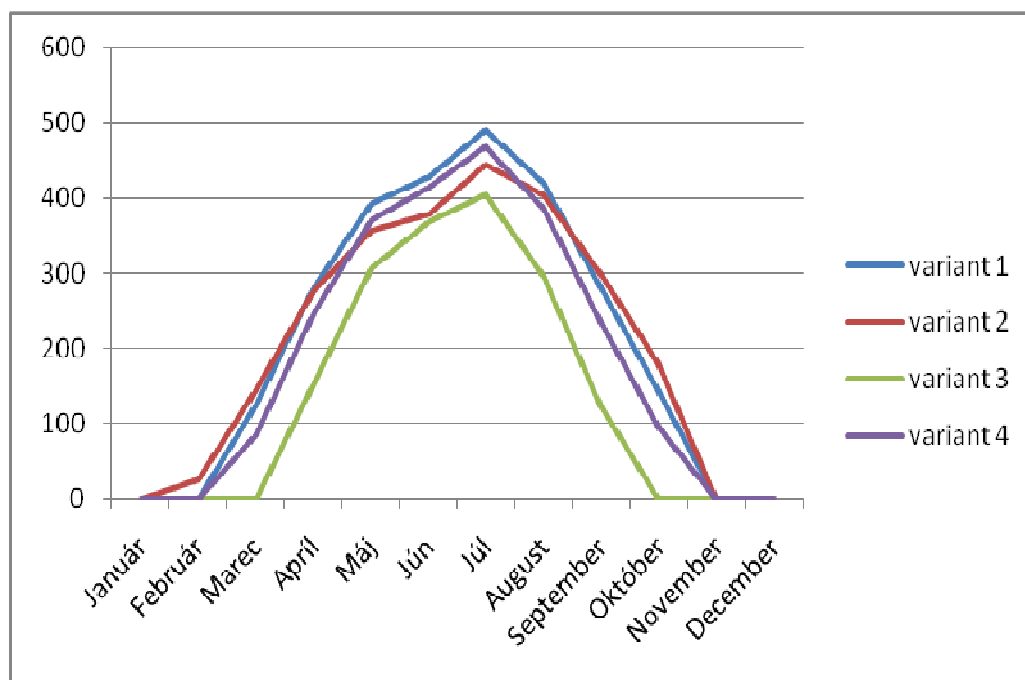
Tab.3 Priemerné vonkajšie teploty pre každý mesiac

Mesiac	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
$t_e [^\circ\text{C}]$	-0,9	1,5	5,4	11,3	16,1	19,1	21,1	20,7	16,2	11,4	5,6	0,1

$$Q_{\text{vyr/mes}} = I_{\text{str}} \cdot \tau \cdot \eta \cdot n \cdot S \quad (5)$$

Pomocou online kalkulatára pre určenie intenzity slnečného žiarenia v danej lokalite o danom sklone a orientácii [15] dostaneme priemerné hodnoty intenzity slnečného žiarenia pre každý mesiac. Ďalej vyjadríme účinnosti podľa rovnice (1). Následne vyjadríme mesačne vyrobené teplo z kolektorov pomocou vzťahu (5). Výsledky vynesieme do tabuliek (viď tab.4, 5, 6, 7) a grafu a porovnáme.

Graf 1. Teplo [kWh] vyrobené rôzne uloženými a orientovanými solárnymi kolektormi



Variant 1*Tab.4 Účinnost' a vyrobené teplo kolektora pre variant 1*

	τ [h]	I_{str1} [W/m ²]	η_1	n [-]	S [m ²]	$Q_{vyr/mes}$ [kWh]	$Q_{spotr/mes}$ [kWh]
Január	8,5	144,47	0	31	4,66	0	540,33
Február	10	205,93	0	28	4,66	0	488,04
Marec	11,5	282,24	0,272	31	4,66	125,77	540,33
Apríl	13,5	343,46	0,444	30	4,66	282,40	522,9
Máj	14,75	360,07	0,518	31	4,66	393,08	540,33
Jún	15,75	355,41	0,556	30	4,66	428,90	522,9
Júl	15,25	381,03	0,582	31	4,66	491,02	540,33
August	13,75	369,18	0,574	31	4,66	421,65	540,33
September	12,25	332,42	0,492	30	4,66	281,54	522,9
Október	10,25	271,76	0,369	31	4,66	143,39	540,33
November	8,75	152,75	0	30	4,66	0	522,9
December	7,75	109,91	0	31	4,66	0	540,33
Suma						2567,75	6361,95

Variant 2*Tab.5 Účinnost' a vyrobené teplo kolektora pre variant 2*

	τ [h]	I_{str2} [W/m ²]	η_2 [-]	n [-]	S [m ²]	$Q_{vyr/mes}$ [kWh]	$Q_{spotr/mes}$ [kWh]
Január	8,5	170,15	0	31	4,66	0	540,33
Február	10	232,58	0,084	28	4,66	25,48	488,04
Marec	11,5	298,33	0,294	31	4,66	145,63	540,33
Apríl	13,5	340,44	0,433	30	4,66	278,17	522,9
Máj	14,75	337,47	0,497	31	4,66	357,30	540,33
Jún	15,75	324,42	0,529	30	4,66	378,20	522,9
Júl	15,25	352,74	0,572	31	4,66	444,71	540,33
August	13,75	358,32	0,57	31	4,66	405,62	540,33
September	12,25	346,84	0,505	30	4,66	299,89	522,9
Október	10,25	305,43	0,399	31	4,66	180,43	540,33
November	8,75	176,89	0	30	4,66	0	522,9
December	7,75	128,25	0	31	4,66	0	540,33
Suma						2515,44	6361,95

Variant 3*Tab.6 Účinnost' a vyrobené teplo kolektora pre variant 3*

	τ [h]	I_{str3} [W/m ²]	η	n [-]	S [m ²]	$Q_{vyr/mes}$ [kWh]	$Q_{spotr/mes}$ [kWh]
Január	8,5	66,47	0	31	4,66	0	540,33
Február	10	102,55	0	28	4,66	0	488,04
Marec	11,5	173,74	0	31	4,66	0	540,33
Apríl	13,5	251,98	0,324	30	4,66	154,12	522,9
Máj	14,75	305,1	0,471	31	4,66	306,06	540,33
Jún	15,75	318,2	0,525	30	4,66	368,03	522,9
Júl	15,25	327,82	0,559	31	4,66	403,92	540,33
August	13,75	284,77	0,525	31	4,66	297,08	540,33
September	12,25	207,4	0,345	30	4,66	122,46	522,9
Október	10,25	132,83	0	31	4,66	0	540,33
November	8,75	72,5	0	30	4,66	0	522,9
December	7,75	57	0	31	4,66	0	540,33
Suma						1651,67	6361,95

Variant 4*Tab.7 Účinnost' a vyrobené teplo kolektora pre variant 4*

	τ [h]	I_{str4} [W/m ²]	η	n [-]	S [m ²]	$Q_{vyr/mes}$ [kWh]	$Q_{spotr/mes}$ [kWh]
Január	8,5	116,53	0	31	4,66	0	540,33
Február	10	172,53	0	28	4,66	0	488,04
Marec	11,5	249,70	0,206	31	4,66	85,60	540,33
Apríl	13,5	318,09	0,411	30	4,66	246,83	522,9
Máj	14,75	346,25	0,503	31	4,66	371,20	540,33
Jún	15,75	346,48	0,543	30	4,66	414,29	522,9
Júl	15,25	367,29	0,579	31	4,66	468,53	540,33
August	13,75	345,46	0,563	31	4,66	386,64	540,33
September	12,25	295,82	0,464	30	4,66	234,97	522,9
Október	10,25	228,26	0,283	31	4,66	95,53	540,33
November	8,75	125,44	0	30	4,66	0	522,9
December	7,75	89,78	0	31	4,66	0	540,33
Suma						2303,59	6361,95

7.6 Ekonomická návratnosť systému

Podľa cenníka ZSE (Západoslovenských elektrární) činí cena za elektrinu **0,155947** €/kWh s DPH [12]

$$\text{Cena za dennú spotrebu } 17,35 \cdot 0,155947 = 2,70 \text{ €/dň} \quad (6)$$

$$\text{ročná útrata na ohrev TÚV} = 2,70 \cdot 365 = 987,57 \text{ €/rok} \quad (7)$$

V súčasnosti poskytuje štát SR dotáciu na solárne systémy vo výške 100€/m². Dotácia od štátu pri kolektorovej ploche 4,66 m² teda činí 466 €.

Tab.7 Ročná úspora a návratnosť pre jednotlivé varianty

Variant	1	2	3	4
Ročné krytie spotreby energie na ohrev TÚV	40,36 %	39,53 %	25,96 %	36,38 %
Ročná úspora	398,58 €	390,38 €	256,37 €	359,28 €
Návratnosť pri dotácii	8,1 r	8,2 r	12,6 r	9 r

8 Záver

Úlohou tejto práce bolo posúdenie vplyvu sklonu a orientácie solárnych kolektorov na ich využitie. Čo sa týka orientácie voči svetovým stranám, natáčame solárne panely vždy smerom na juh, prípadne s miernym odklonom na západ. Je to dané tým, že sa nachádzame na severnej pologuli a Slnko „cestuje“ po rovníku. Zároveň sledujeme i sklon solárnych kolektorov, kde jeho optimalizácia závisí od ročného obdobia. V zime, keď Slnko putuje len nízko nad obzorom, naklápame panely pod vysokým uhlom tak, aby slnečné lúče dopadali vždy čo najkolmejšie. Naopak v lete, keď je Slnko vysoko nad obzorom, naklápame systém pod malým uhlom. Udržiavanie optimálnej polohy kolektorov (sklon a orientácia) si vyžaduje počítačom riadený mechanizmus, potrubné prvky, ktoré reagujú na tieto zmeny polohy vrátane zálohovaného el. zdroja. Toto všetko významne zvyšuje vstupné náklady a predlžuje dobu návratnosti nákladov. Z vyššie uvedených dôvodov volíme možnosť s pevným sklonom a orientáciou. Z hľadiska reálnej možnosti umiestnenia kolektorov sme porovnávali 4 rôzne varianty sklonu a orientácie, z ktorých ako najlepší sa javí variant 1 so sklonom 22° . Toto uloženie kolektorov nám za celý rok vyrobí viac tepla, než variant 2 so sklonom 45° , aj keď pre celoročný chod nám literatúra uprednostňuje práve tento. Variant 2 vyrobí pre jeho väčší sklon viac tepla v chladnejších mesiacoch, variant 1 ho však „predbehne“ v mesiacoch letných, kedy výrobu tepla ovplyvní väčšia intenzita žiarenia v kombinácii s dlhšou dennou dobou svitu.

Systém je navrhnutý pre rodinný dom v obci Sered', v ktorom bývajú 4 ľudia s pomocou produktov od firmy Viessmann. Denná spotreba teplej úžitkovej vody (TÚV) i s rezervou je spočítaná na 280 l, preto som navrhol zásobník Vitocell 100-B s objemom 300 l, ktorý by mal stačiť pre potreby obyvateľov tohto domu. Ako solárne zariadenie som navrhol dva ploché kolektory Vitosol 100-F s celkovou absorpčnou plochou $4,66 \text{ m}^2$. Cena kompletneho systému je 3698 €. Systém je bivalentný, druhým zdrojom pre výrobu TÚV je elektrická energia, ktorej sadzba podľa ZSE činí $0,155947 \text{ €/kWh}$. Na denný ohrev 300 l TÚV potrebujeme $17,35 \text{ kWh}$ energie. Ročná spotreba elektrickej energie teda činí $6361,95 \text{ kWh/rok}$, v prepočte na peniaze predstavuje $987,6 \text{ €/rok}$. Najvýhodnejší variant 1 uloženia solárnych panelov nám teda ušetrí $398,6 \text{ €/rok}$. Štát ponúka dotáciu na solárne systémy vo výške 100 €/m^2 kolektorovej plochy, čo v našom prípade predstavuje finančnú injekciu vo výške 466 €. Po odpočítaní dotácie od celkovej ceny systému nám pre variant 1 vyjde návratnosť na 8,1 roku. Pri 30-ročnej životnosti systému (pri súčasných cenách el. energie) nám po uplynutí doby návratnosti budú solárne panely šetriť financie ďalších cca 22 rokov, čo predstavuje úsporu vo výške cca 8730 €.

9 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

Použitá literatúra

- [1N] ČSN EN 12975-2:2006 Tepelné solární soustavy a součásti – Solární kolektory – Část 2: Zkušební metody

Internetové odkazy

- [1] www.viessmann.sk
- [2] www.inforse.dk
- [3] www.solarenergy.sk
- [4] www.solarne-panely.sk/images
- [5] www.cez.cz
- [6] www.novzden.sweb.cz
- [7] www.solartec.cz
- [8] www.solarpraxis.de
- [9] www.regulus.sk
- [10] www.solarne-kolektory.sk
- [11] www.neosolar.cz
- [12] www.zse.sk
- [13] www.images.google.com
- [14] www.wikipedia.org
- [15] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>

10 ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

SKRATKA	VÝZNAM	VELIČINA
TÚV	teplá úžitková voda	
ÚK	ústredné kúrenie	
η	účinnosť solárneho kolektoru	[-]
η_0	optická účinnosť solárneho kolektoru	[-]
a_1	súčiniteľ teplotnej straty (lineárny)	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
a_2	súčiniteľ teplotnej straty (kvadratický)	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-2}]$
I_{str}	stredná hodnota intenzity globálneho žiarenia	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$
t_m	stredná teplota teplotnosnej kvapaliny	$[\text{°C}]$
t_e	teplota okolia	$[\text{°C}]$
t_2, ϑ_w	teplota TÚV	$[\text{°C}]$
t_1, ϑ_k	teplota studenej vody	$[\text{°C}]$
V_p	spotreba teplej vody na osobu a deň	$[\text{l} \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}]$
$V_{\text{Sp min}}$	minimálny obsah zásobníka	[l]
V	zásobníka	[l]
c_w	merná tepelná kapacita vody	$[\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
ρ_w	hustota vody pri strednej teplote	$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$
$Q_{\text{spotr/deň}}$	teplo spotrebované za deň	[kWh]
$Q_{\text{spotr/mes}}$	teplo spotrebované za mesiac	[kWh]
$Q_{\text{vyr/deň}}$	teplo vyrobené kolektormi za deň	[kWh]
$Q_{\text{vyr/mes}}$	teplo vyrobené kolektormi za mesiac	[kWh]
S	plocha kolektoru	$[\text{m}^2]$
n	počet dní v mesiaci	[-]
τ	denná doba svitu	[h]

11 ZOZNAM PRÍLOH

Príloha 1: Prikladám jedno vypracovanie bakalárskej práce v elektronickej podobe na CD vo forme pdf súboru.